

Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Εκπαίδευση Ηλεκτρονικών και Ηλεκτροτεχνίας

Κώστας ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ, Δημήτρης ΚΑΡΑΔΗΜΑΣ
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών
Πανεπιστήμιο Πατρών
efstathiou@ee.upatras.gr, karadimas@apel.ee.upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα εξ Αποστάσεως Εργαστηριακής Εκπαίδευσης, το RMCLab (Remote Monitored & Controlled Laboratory). Το RMCLab καλύπτει τις απαιτήσεις ενός συμβατικού Εργαστηρίου ηλεκτρονικής και ηλεκτροτεχνίας, και δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης και πραγματικού χρόνου εξυπηρέτησης μεγάλου αριθμού εκπαιδευομένων, ενώ απαιτεί ελάχιστους πόρους σε πάγιες υποδομές και σε προσωπικό, παρέχοντας υψηλού επιπέδου Εργαστηριακή Εκπαίδευση. Το RMCLab χρησιμοποιείται ήδη στα μαθήματα ηλεκτρονικών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών και είναι διαθέσιμο μέσω του ιστού στην διεύθυνση: <http://www.apel.ee.upatras.gr/rmclab>.

ABSTRACT

This paper presents RMCLab (Remote Monitored & Controlled Laboratory), which is an integrated system for remote laboratory training. RMCLab accomplishes all requirements that a conventional laboratory of electronics and electrical technology introduces and provides the capability of instant and real time access to multiple users; while at the same time, demands minimum resources of equipment and personnel, providing high level laboratory training. RMCLab is already in use for the curriculum of electronics of the Electrical Engineering and Computer Technology Department at the University of Patras and is also available via the Internet in <http://www.apel.ee.upatras.gr/rmclab>.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργαστηριακή εκπαίδευση στις θετικές επιστήμες έχει καθιερωθεί ως υποχρεωτική και είναι αναμφισβήτητα απαραίτητη διότι δίνει τη δυνατότητα της πρακτικής εφαρμογής της θεωρίας, που είναι άλλωστε και το ζητούμενο από κάθε εκπαιδευόμενο. Όμως, η εργαστηριακή εκπαίδευση είναι σαφώς πιο απαιτητική από την θεωρητική, διότι απαιτεί όχι μόνο ακριβή υποδομή αλλά και πολλαπλάσιο χώρο, όπως και χρόνο διδακτικού προσωπικού, ανά εκπαιδευόμενο.

Η ραγδαία αύξηση του αριθμού των φοιτητών που παρατηρείται τη τελευταία πενταετία, σε συνδυασμό με την αναντίστοιχη αύξηση των εργαστηριακών υποδομών, χώρων και διδακτικού προσωπικού, οδηγεί αναπόφευκτα στη μείωση της ποιότητας της παρεχόμενης Εργαστηριακής Εκπαίδευσης (ΕΕ).

Η εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Εκπαίδευση (εξΑΕΕ) ίσως δεν είναι δυνατή για όλους τους τομείς εκπαίδευσης, όμως, αυτή που αφορά σε εργαστήρια ηλεκτροτεχνίας και ηλεκτρονικής διαπιστώνεται ότι είναι εφικτή. Στον παγκόσμιο ιστό είναι δυνατόν να βρεθούν πολλές λειτουργικές προτάσεις προς την κατεύθυνση αυτή ([Online-1]–[Online-16]), που είναι ενδεικτικές των δυνατοτήτων που υπάρχουν, χωρίς όμως καμία από αυτές να καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις ενός εργαστηριακού μαθήματος ηλεκτρονικών και ηλεκτροτεχνίας.

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζονται οι προδιαγραφές και οι κανόνες που πρέπει να διέπουν ένα σύστημα παροχής εξΑΕΕ που ειδικεύεται σε θέματα ηλεκτρονικής και ηλεκτροτεχνίας, έτσι ώστε να δίνει τη δυνατότητα παροχής ποιοτικής ΕΕ σε μεγάλους

αριθμούς φοιτητών, μειώνοντας ταυτόχρονα το απαιτούμενο κόστος υποδομών και διδακτικού προσωπικού.

Στο πρώτο τμήμα της εργασίας, παρουσιάζεται η δομή και περιγράφεται η λειτουργικότητα ενός συμβατικού εργαστηρίου ηλεκτρονικής, επισημαίνοντας τις σημαντικότερες διαδικασίες του. Επιπλέον, εντοπίζονται οι αδυναμίες που σχετίζονται με την αύξηση του αριθμού των φοιτητών και την ανεπάρκεια των υποδομών.

Στο δεύτερο τμήμα της εργασίας, παρουσιάζονται οι βασικές οντότητες από τις οποίες αποτελείται το προτεινόμενο σύστημα εξΑΕΕ, αναπτύσσεται η λειτουργικότητά τους, παρατίθενται οι ανάγκες της ΕΕ που καλύπτει και τέλος συγκρίνονται οι επιδόσεις των δύο μορφών εργαστηριακής εκπαίδευσης. Επιπλέον, παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία από την εφαρμογή ενός συστήματος εξΑΕΕ σε δύο εργαστηριακά μαθήματα (Αναλογικά και Ψηφιακά Ηλεκτρονικά) στο Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Το τελευταίο τμήμα της εργασίας, εστιάζει στις επιπλέον δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει η προτεινόμενη εξΑΕΕ και διερευνώνται νέοι τρόποι ανάπτυξης και διάδοσης της επιστημονικής εργαστηριακής εμπειρίας.

2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Οι βασικοί στόχοι της ΕΕ ηλεκτρονικής και ηλεκτροτεχνίας είναι η εμπέδωση της θεωρίας και η εξοικείωση του εκπαιδευόμενου με τα υλικά, τις διατάξεις και τα όργανα που αφορούν στο αντικείμενο.

Η συμβολή της ΕΕ ηλεκτρονικής και ηλεκτροτεχνίας στην εμπέδωση της θεωρίας είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να μελετήσει στην πράξη την λειτουργία και την συμπεριφορά των θεωρητικών κυκλωμάτων. Επιπλέον, του δίδεται η δυνατότητα να εντρυφήσει σε τεχνικές λεπτομέρειες που είναι σημαντικές για τη λειτουργία του κυκλώματος στην πράξη, εμβαθύνοντας με τον τρόπο αυτό ακόμα περισσότερο στην θεωρία.

Η ΕΕ στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα απαιτεί τη χρήση πολύπλοκων οργάνων όπως είναι ο παλμογράφος και η γεννήτρια συχνοτήτων καθώς και την εξοικείωση με τις διάφορες μορφές των ηλεκτρονικών στοιχείων (αντιστάσεις, πυκνωτές, ολοκληρωμένα κυκλώματα). Επιπλέον, η κατασκευή, η ρύθμιση και η αποσφαλμάτωση ενός πραγματικού κυκλώματος είναι από τις βασικές και σπουδαιότερες διαδικασίες της ΕΕ. Συνεπώς, η ΕΕ συμβάλλει σημαντικά στην απόκτηση πολύτιμης εμπειρίας.

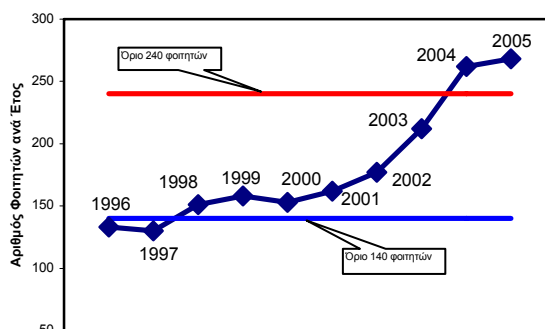
Οι παραπάνω διαδικασίες, που συμβάλλουν στην απόκτηση εμπειρίας, απαιτούν σημαντική προσπάθεια και χρόνο από τους εκπαιδευόμενους, άλλωστε η εμπειρία δεν διδάσκεται αλλά αποκτιέται. Η συμβολή του εκπαιδευτικού προσωπικού στη λύση των πρακτικών προβλημάτων που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής μίας εργαστηριακής άσκησης, συμβάλλει στη μείωση του χρόνου αυτού, αλλά ταυτόχρονα μειώνει την προσλαμβανόμενη, από τον εκπαιδευόμενο, εμπειρία. Η συμμετοχή και η επίβλεψη του εκπαιδευτικού προσωπικού κατά την διεξαγωγή των εργαστηριακών ασκήσεων καθίσταται όμως απαραίτητη, διότι διαφυλάσσει την διαδικασία της αξιολόγησης των εκπαιδευομένων και εγγυάται την σωστή διεξαγωγή της άσκησης και εμπέδωση της θεωρίας.

Η επίτευξη των παραπάνω στόχων εξαρτάται σημαντικά από την αρμονική αναλογία των υλικοτεχνικών υποδομών, του αριθμού του εκπαιδευτικού προσωπικού και φυσικά από τον αριθμό των εκπαιδευομένων.

Έχει αποδειχτεί ότι η συνεργασία δύο-τριών φοιτητών, κατά τη διεξαγωγή μιας εργαστηριακής άσκησης, έχει θετικά αποτελέσματα ως προς τη κατανόηση του αντικειμένου, μειώνοντας ταυτόχρονα τον απαιτούμενο χρόνο. Για το λόγο αυτό, οι φοιτητές χωρίζονται σε ομάδες, συνήθως τριών (3) ατόμων, που πρέπει να συνεργαστούν για τη διεξαγωγή των εργαστηριακών ασκήσεων ενός εξαμηνιαίου μαθήματος (12-13 διδακτικές εβδομάδες). Με δεδομένο ότι ένα εργαστήριο ηλεκτρονικής μπορεί να διαθέτει 10-15 πάγκους εργασίας, εξοπλισμένους με τα κατάλληλα όργανα (παλμογράφο, γεννήτρια συχνοτήτων, τροφοδοτικά κλπ), η κάθε βάρδια, που συνήθως διαρκεί τρεις με τέσσερις ώρες, μπορεί να εξυπηρετήσει 30-45 φοιτητές. Συνεπώς, διεκπεραιώνοντας 4 βάρδιες ανά εβδομάδα, είναι δυνατό να παρέχεται εργαστηριακή εκπαίδευση σε 120-160 εκπαιδευόμενους, εβδομαδιαίως.

Έχοντας σαν παράδειγμα τα τμήματα των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, στα οποία εισάγονται πάνω από 250 φοιτητές ανά έτος, θα πρέπει, με δεδομένες τις παραπάνω παραδοχές, είτε η κάθε εργαστηριακή άσκηση να διεκπεραιώνεται μέσα σε χρονικό διάστημα δύο εβδομάδων, είτε να αυξηθεί ανάλογα ο αριθμός των εκπαιδευόμενων ανά ομάδα. Και οι δύο αυτές μέθοδοι εξυπηρέτησης μεγάλου αριθμού φοιτητών, οδηγούν αναπόφευκτα σε μείωση της ποιότητας της παρεχόμενης εργαστηριακής εκπαίδευσης, ενώ είναι προφανές, αλλά τις περισσότερες φορές ανέφικτο, ότι η σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος είναι ο διπλασιασμός των υλικοτεχνικών υποδομών, καθώς και του εκπαιδευτικού προσωπικού.

Το παραπάνω πρόβλημα εμφανίστηκε την τελευταία τριετία στο εργαστήριο Ηλεκτρονικών Εφαρμογών του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ο αριθμός των εκπαιδευόμενων ανά έτος στο εν λόγω τμήμα, κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας.



Εικόνα 1. Κατανομή των εκπαιδευόμενων.

Με στόχο την ανάκτηση της ποιότητας της παρεχόμενης εργαστηριακής εκπαίδευσης, μελετήθηκε, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο παραπάνω εργαστήριο μια εναλλακτική μέθοδος ΕΕ, η οποία, χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας και του Internet, επιτρέπει τον εξ αποστάσεως έλεγχο των οργάνων και κυκλωμάτων ενός πραγματικού εργαστηρίου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε δοκιμαστικά για τρία εξάμηνα σε υποχρεωτικά εργαστηριακά μαθήματα (τάξεις πλέον των 250 φοιτητών), που αφορούν σε αναλογικά και ψηφιακά ηλεκτρονικά.

3 ΕΞΑΕΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ

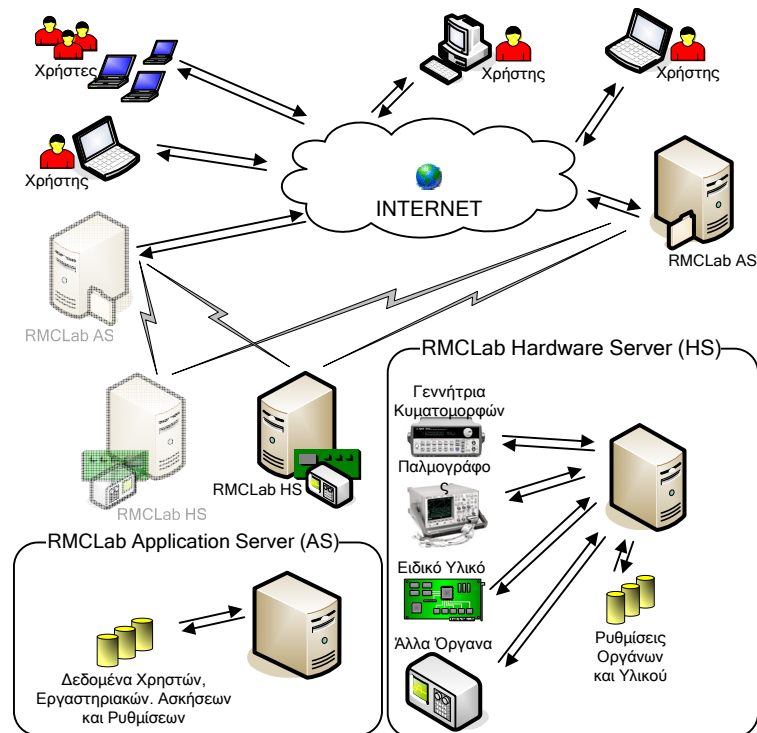
Για την παροχή της ΕΞΑΕΕ αναπτύχθηκε ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο, αλλά καλά δομημένο σύστημα, που ονομάζεται RMCLab (Remote Monitored & Controlled Laboratory). Το RMCLab συνδυάζει τις λειτουργίες εργαστηριακών οργάνων (παλμογράφος, γεννήτρια συχνοτήτων) και ειδικά σχεδιασμένου υλικού, που υλοποιεί τα εργαστηριακά κυκλώματα, με λειτουργίες λογισμικού, έτσι ώστε να παρέχεται μέσω του Διαδικτύου ένα ολοκληρωμένο εργαστηριακό περιβάλλον στον εκπαιδευόμενο, καθώς επίσης και πολλοί βαθμοί ελευθερίας ανάπτυξης και διαχείρισης εργαστηριακών διαδικασιών στον εκπαιδευτή.

Προκειμένου να ικανοποιήσουμε τους βασικούς στόχους της συμβατικής ΕΕ, το RMCLab εξοπλίστηκε με τα παρακάτω κύρια χαρακτηριστικά και δυνατότητες:

- δυνατότητα παρατήρησης και πλήρους ελέγχου πραγματικών κυκλωματικών διατάξεων και εργαστηριακών οργάνων,

- δυνατότητα ταυτόχρονης προσπέλασης πολλών χρηστών σε μία ή περισσότερες εργαστηριακές ασκήσεις, σε πραγματικό χρόνο,
- δυνατότητα αναδιάταξης των κυκλωμάτων των εργαστηριακών ασκήσεων, σε πραγματικό χρόνο,
- δυνατότητα αυτόματης και αξιόπιστης αξιολόγησης των εκπαιδευομένων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι το RMCLab χρησιμοποιεί **μόνο** ένα παλμογράφο, **μόνο** μία γεννήτρια κυματομορφών και ειδικό υλικό στο οποίο υλοποιούνται οι εργαστηριακές ασκήσεις (Εικόνα 2). Η παραπάνω υποδομή έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα και σε πραγματικό χρόνο πολλούς χρήστες, δίνοντας σε κάθε έναν από αυτούς την 'αίσθηση' της αποκλειστικής χρήσης του εξοπλισμού. Επίσης, το RMCLab παρέχει τις εξΑΕΕ υπηρεσίες υλοποιώντας δύο ανεξάρτητους σταθμούς εξυπηρέτησης, έναν Application Server (AS), που αφορά αποκλειστικά στα δεδομένα που το RMCLab διαχειρίζεται (στοιχεία χρηστών, εργαστηριακών ασκήσεων, κτλ) και έναν Hardware Server (HS), που σχετίζεται με τους πραγματικούς πόρους (εργαστηριακά όργανα, ειδικό υλικό εργαστηριακών ασκήσεων).



Εικόνα 2. Αρχιτεκτονική του RMCLab.

Ο βασικός παράγοντας επιτυχίας ενός συστήματος εξΑΕΕ, είναι προφανώς η ευχρηστία και η αποδοχή του από τους χρήστες, ήτοι τους εκπαιδευτές και τους εκπαιδευόμενους. Για το λόγο αυτό, οι προδιαγραφές και οι λειτουργικότητες του RMCLab καθορίστηκαν ανθρωποκεντρικά, με βάση τις ανάγκες των χρηστών του. Το RMCLab χωρίζεται σε δύο βασικές οντότητες, αυτή που αφορά στον εκπαιδευτή και αυτή που αφορά στον εκπαιδευόμενο. Στις ακόλουθες παραγράφους παρουσιάζονται οι δυνατότητες και τα βασικά χαρακτηριστικά των δύο αυτών οντοτήτων.

3.1 ΔΙΕΠΑΦΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗ-RMCLab

Οι δραστηριότητες που αναπτύσσει ο εκπαιδευτής για την ΕΕ είναι πολλαπλές και συνεπώς η διεπαφή του εκπαιδευτή με το σύστημα εξΑΕΕ θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα της απρόσκοπτης και σύντομης διεκπαιρέωσής τους. Οι δραστηριότητες αυτές χωρίστηκαν, στα πλαίσια του RMCLab, σε τρεις βασικές κατηγορίες, ήτοι την ανάπτυξη των εργαστηριακών ασκήσεων, τον συντονισμό του εργαστηριακού έργου και την ενεργή εποπτεία των εκπαιδευομένων.

2.1.1 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Η διαδικασία ανάπτυξης εργαστηριακών ασκήσεων σε ένα σύστημα εξΑΕΕ, όπως είναι και το RMCLab, ενσωματώνει, εκτός από τη συγγραφή των έντυπων σημειώσεων και

την προσαρμογή του ειδικού υλικού (κυκλώματα των ασκήσεων), έτσι ώστε να δίνει στους εκπαιδευόμενους τη δυνατότητα πρόσβασης αλλά και ελέγχου του υλικού. Επιπλέον, ο εκ των προτέρων προσεκτικός σχεδιασμός, η μελέτη, η οργάνωση καθώς και ο καθορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης σε κάθε εργαστηριακή άσκηση, συμβάλλουν σημαντικά στην ποιότητα της παρεχόμενης εργαστηριακής εκπαίδευσης μέσω ενός συστήματος εξΑΕΕ.

Με βάση τα παραπάνω, μια εργαστηριακή άσκηση στο RMCLab οργανώθηκε όπως δείχνεται στην Εικόνα 3 και αποτελείται από μια συλλογή «ενεργών εικόνων» που αντιπροσωπεύουν τα πραγματικά κυκλώματα της άσκησης και από μία «συλλογή διαδικαστικών βημάτων» που αντιπροσωπεύουν τη ροή της εργαστηριακής άσκησης.

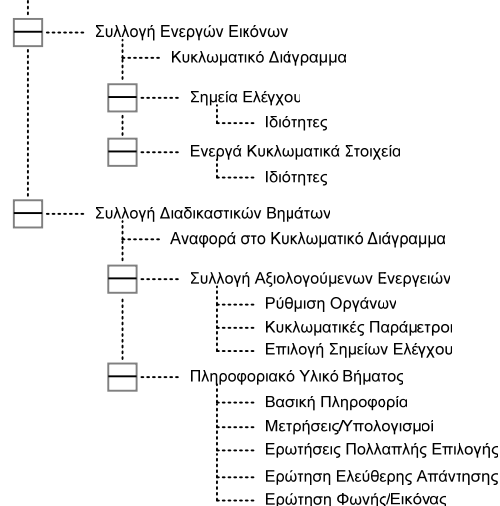
Μία «ενεργή εικόνα» έχει σα στόχο να δώσει τη δυνατότητα στον εκπαιδευόμενο να αλληλεπιδράσει με τη κυκλωματική διάταξη που μελετά, έτσι όπως θα έκανε και στο πραγματικό εργαστήριο. Δηλαδή, σε μια ενεργή εικόνα ο εκπαιδευτής καθορίζει το σύνολο, το είδος, αλλά και το επίπεδο της αλληλεπίδρασης του εκπαιδευόμενου με το πραγματικό κύκλωμα. Έτσι, ο εκπαιδευτής είναι δυνατό να ορίσει σε μία ενεργή εικόνα τα σημεία ελέγχου του κυκλώματος (κόμβοι) και τα στοιχεία (διακόπτες, ποτενσιόμετρα, μεταβλητοί πυκνωτές, κλπ.) των οποίων τις τιμές ο εκπαιδευόμενος θα μπορεί να ρυθμίσει για τον έλεγχο της συμπεριφοράς του κυκλώματος. Οι δυνατότητες αυτές συνηγορούν σε μεγάλο βαθμό στην αυξημένη ποιότητα εργαστηριακής εκπαίδευσης που το RMCLab μπορεί να παρέχει.

Επιπλέον, ο εκπαιδευτής μπορεί να ορίσει σε κάθε εργαστηριακή άσκηση το πλήθος των διαδικαστικών βημάτων που ο κάθε εκπαιδευόμενος θα πρέπει να εκτελέσει, ενώ σε κάθε τέτοιο βήμα ορίζει και το είδος της πληροφορίας που θα διαθέσει στους εκπαιδευόμενους. Συγκεκριμένα, κάθε βήμα μιας εργαστηριακής άσκησης είναι μια παραμετρική οντότητα που περιλαμβάνει το σύνολο πληροφορίας που διατίθεται στους εκπαιδευόμενους. Στο πληροφοριακό αυτό σύνολο συμπεριλαμβάνονται τόσο βασικές πληροφορίες για την ομαλή διεξαγωγή της άσκησης, όπως είναι η σχετική θεωρία και τεχνικές λεπτομέρειες που αφορούν στο χειρισμό του κυκλώματος, όσο και πληροφορίες για τις μετρήσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν. Οι πληροφορίες αυτές συμβάλλουν στην απρόσκοπτη ενασχόληση του εκπαιδευόμενου με το ουσιαστικό περιεχόμενο της άσκησης, απομπλέκοντας τον από οποιαδήποτε μορφή αναζήτησης εξωτερικής πληροφορίας. Επιπρόσθετα, ο εκπαιδευτής είναι σε θέση να συμπεριλάβει σε κάθε βήμα ένα σύνολο από στοιχεία αξιολόγησης, τα οποία μπορεί να είναι ένας συνδυασμός από τα παρακάτω στοιχεία:

- μετρήσεις, ή/και υπολογισμούς που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά του πραγματικού κυκλώματος,
- ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών,
- ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν με γραπτό ηλεκτρονικό κείμενο,
- χειρισμούς των εργαστηριακών οργάνων και ρυθμίσεις των παραμέτρων του κυκλώματος.

Ειδικά το γεγονός ότι ο εκπαιδευτής μπορεί επιλεκτικά να καθορίσει σε κάθε βήμα της άσκησης ένα σύνολο από συνδυασμούς χειρισμών των εργαστηριακών οργάνων και ρυθμίσεων των παραμέτρων του κυκλώματος, δίνει τη δυνατότητα του πλήρους ελέγχου των

Εργαστηριακή Άσκηση



Εικόνα 3. Δομή Εργαστηριακής Άσκησης.

διαδικασιών, που ακολούθησε ο εκπαιδευόμενος για την διεξαγωγή της άσκησης, και συνεπώς, της ουσιαστικής και αξιόπιστης αξιολόγησής του. Αυτό ισοδυναμεί πρακτικά στην αντιστοίχιση ενός εκπαιδευτή ανά εκπαιδευόμενο, σε ένα συμβατικό ΕΕ.

2.1.2 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το RMCLab ενσωματώνει σημαντικές υπηρεσίες γραμματειακής υποστήριξης που συνοπτικά είναι:

- αποστολή/παράδοση εργαστηριακών αναφορών,
- οργάνωση και διαχείριση των στοιχείων των εκπαιδευομένων,
- ανάθεση εργαστηριακών ασκήσεων ανά εκπαιδευόμενο,
- τήρηση στατιστικών χρήσης,
- βαθμολόγηση των επιδόσεων των εκπαιδευομένων.

Η ανάπτυξη των εργαστηριακών ασκήσεων και ο συντονισμός του εργαστηριακού έργου ενσωματώνονται σε ένα λογισμικό (Εικόνα 4), στο οποίο έχει πρόσβαση ο υπεύθυνος του εργαστηριακού έργου.

Το RMCLab έχει επιπλέον εξοπλίζει τον εκπαιδευτή με κατάλληλο λογισμικό για την ενεργή εποπτεία και παροχή βοήθειας προς τους εκπαιδευόμενους, σε πραγματικό χρόνο. Το λογισμικό αυτό είναι πανομοιότυπο με την διεπαφή του εκπαιδευόμενου, που περιγράφεται παρακάτω, αλλά επιπλέον, προσφέρει την δυνατότητα στον εκπαιδευτή να εποπτεύσει, να παρέμβει επικουρικά και να αξιολογήσει οποιονδήποτε εκπαιδευόμενο είναι online.

3.2 ΔΙΕΠΑΦΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΟΥ-RMCLab

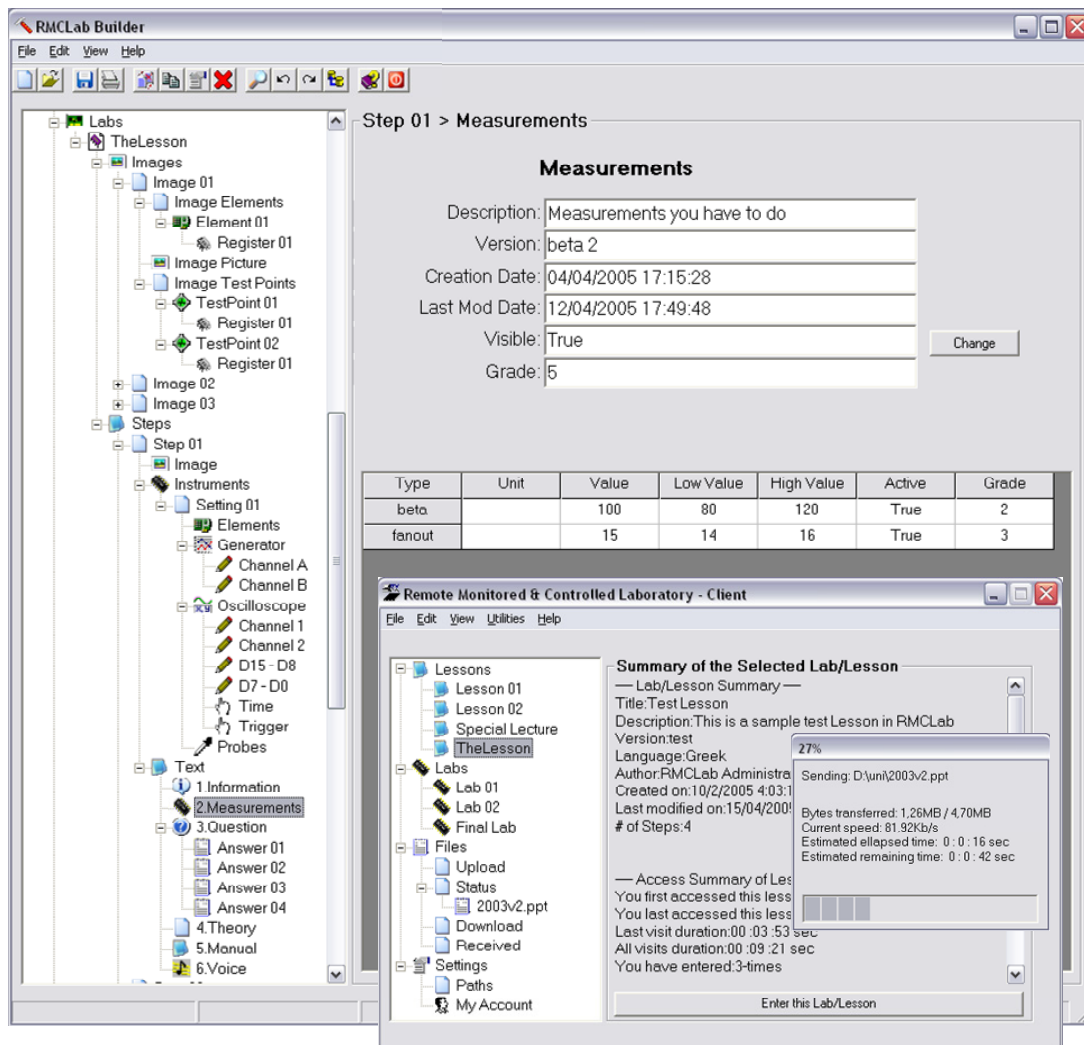
Ο εκπαιδευόμενος θα πρέπει να αντιμετωπίσει ένα φιλικό εργαστηριακό περιβάλλον, παρόμοιο με αυτό το οποίο αντιμετωπίζει στο πραγματικό εργαστήριο, δηλαδή, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα της χρήσης και ρύθμισης των εργαστηριακών οργάνων (παλμογράφος, γεννήτρια συχνοτήτων), της πρόσβασης σε οποιοδήποτε κόμβο του κυκλώματος, καθώς και της ρύθμισης των διαφόρων παραμέτρων αυτού. Επιπλέον, θα πρέπει να παρέχονται με φιλικό τρόπο στον εκπαιδευόμενο οι απαραίτητες πληροφορίες, που αφορούν στην διεκπεραίωση της εργαστηριακής άσκησης, όπως είναι η σχετική θεωρία και τυχόν χρήσιμες συμβουλές για την χρήση των οργάνων και τον χειρισμό του κυκλώματος. Ακόμα, η ύπαρξη της δυνατότητας επικοινωνίας με τους online χρήστες του συστήματος κρίνεται ουσιαστική, διότι έτσι καλύπτεται το κενό που δημιουργεί η έλλειψη της φυσικής αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας τόσο μεταξύ εκπαιδευτή-εκπαιδευόμενου όσο και μεταξύ των εκπαιδευομένων. Τέλος, η παροχή υπηρεσιών και διευκολύνσεων γραμματειακής υποστήριξης προς τον εκπαιδευόμενο συμβάλλει θετικά στην αποδοχή της εξΑΕΕ.

Για την εξυπηρέτηση των παραπάνω αναγκών του εκπαιδευόμενου σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα λογισμικό (Εικόνα 4), το οποίο αποτελεί ουσιαστικά τον «Client» του συστήματος εξΑΕΕ και δίνει στον εκπαιδευόμενο τα ακόλουθα εργαλεία λογισμικού.

- **Εισαγωγική διεπαφή χρήστη-εκπαιδευόμενου.** Το τμήμα αυτό της διεπαφής δίνει την δυνατότητα στον εκπαιδευόμενο να διεκπεραιώσει διαδικασίες γραμματειακής υποστήριξης, όπως παράδοση/παραλαβή αναφορών, ενημέρωση των στοιχείων του, να επικοινωνήσει με τους άλλους χρήστες του συστήματος (chat) και να ενημερωθεί για τις εργαστηριακές του υποχρεώσεις και τα διαθέσιμα «ενεργά» μαθήματα.
- **Κεντρική εργαστηριακή διεπαφή.** Η διεπαφή αυτή παρέχει στον εκπαιδευόμενο την τοπολογία του κυκλώματος, δίνοντάς του πρόσβαση σε όλους τους κόμβους του και τη δυνατότητα ρύθμισης των παραμέτρων των στοιχείων του (μεταβλητές αντιστάσεις, διακόπτες, κλπ). Επιπλέον, παρέχει τις πληροφορίες που αφορούν στη θεωρία, στη ροή

της διαδικασίας και στο χειρισμό των οργάνων, καθώς επίσης και στο υλικό αξιολόγησης του εκπαιδευόμενου, όπως επεξεργασία μετρήσεων, ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών, καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία που καθορίζει ο εκπαιδευτής και αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.

- **Διεπαφή παλμογράφου.** Η διεπαφή αυτή δίνει τη δυνατότητα του πλήρους χειρισμού ενός πραγματικού παλμογράφου. Ειδικά στο RMCLab, η διεπαφή αυτή προσφέρει στον εκπαιδευόμενο τον έλεγχο ενός παλμογράφου Agilent 54622D, που χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή των μετρήσεων.
- **Διεπαφή γεννήτριας κυματομορφών.** Η διεπαφή αυτή δίνει τη δυνατότητα του πλήρους χειρισμού μιας πραγματικής γεννήτριας κυματομορφών. Ειδικά στο RMCLab, η διεπαφή αυτή προσφέρει στον εκπαιδευόμενο τον έλεγχο μιας γεννήτριας κυματομορφών Agilent 33120A, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των απαιτούμενων σημάτων εισόδου των κυκλωμάτων.



Εικόνα 4. Στιγμιότυπο από τις διεπαφές Εκπαιδευτή και Εκπαιδευόμενου.

4 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΡΗΣΗΣ

Κατά τη διάρκεια της χρήσης του RMCLab διαπιστώθηκε ότι μπορεί απρόσκοπτα να παρέχει εξΑΕΕ σε μεγάλο αριθμό εκπαιδευομένων. Ενδεικτικά αναφέρουμε, ότι σε διάστημα ενός μήνα εντατικής χρήσης του (25/5-25/6 2004), διεκπεραιώθηκαν δύο εργαστηριακές ασκήσεις υποχρεωτικού εργαστηριακού μαθήματος (περίπου 220 φοιτητές) και διακινήθηκαν 129 εργαστηριακές αναφορές. Μέσα στο διάστημα αυτό, η εκμετάλλευση των πόρων του RMCLab από τους χρήστες του δεν ξεπέρασε το 20% των διαθέσιμων, αφού οι ώρες

πραγματικής χρήσης του συστήματος ήταν λιγότερες από 150. Ο μέγιστος αριθμός των χρηστών που το σύστημα κλήθηκε να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα, δεν ξεπέρασε τους 10, ενώ είναι ενδιαφέρον να τονιστεί ότι η χρήση του συστήματος κορυφώνονταν τις πρώτες πρωινές ώρες (1-3 π.μ.). Με βάση τα παραπάνω, εκτιμάται ότι κατά το διάστημα αυτό, το RMCLab θα μπορούσε να εξυπηρετήσει μέχρι και πέντε φορές περισσότερους χρήστες (περίπου 1000 φοιτητές), χωρίς να παρουσιάσει προβλήματα λόγω υπερβολικού φόρτου.

Ταυτόχρονα διεξήχθη μια έρευνα σε ένα περιορισμένο αριθμό φοιτητών, που είχε σα στόχο τη καταγραφή της αποδοχής και των εντυπώσεων των χρηστών του RMCLab. Η έρευνα αυτή έδειξε ότι το 80% των φοιτητών κρίνει θετικά την πλατφόρμα εργαστηριακής εκπαίδευσης RMCLab, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό (6%) την απορρίπτει. Το 75% των φοιτητών θεωρεί ότι το σπουδαιότερο πλεονέκτημα του RMCLab είναι το γεγονός ότι του δίνει τη δυνατότητα να εκτελέσει τις εργαστηριακές του υποχρεώσεις «όποτε θέλει, χωρίς χρονικό και χωρικό περιορισμό». Ακόμα, περίπου το 90% των φοιτητών θεωρεί σημαντική την ύπαρξη της δυνατότητας εξΑΕΕ στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

Παρόλα αυτά, πρέπει να τονιστεί ότι το 43% των ερωτηθέντων φοιτητών θεωρεί πως απαιτείται περισσότερος χρόνος για την εκτέλεση μιας εργαστηριακής άσκησης στο RMCLab, απ' ό,τι σε ένα συμβατικό εργαστήριο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι είχε γίνει εκ των προτέρων γνωστό, πως τόσο η διεξαγωγή όσο και η παράκαμψη ή η αποφυγή μέρους της διαδικασίας των ασκήσεων στο RMCLab, επιτηρείται και αξιολογείται αυτόματα. Αντίθετα, στη συμβατική ΕΕ, κάθε εργαστηριακή άσκηση διαρκεί τρεις ώρες, χρόνος που δεν είναι ικανός για την ενδελεχή αξιολόγηση όλων των εκπαιδευομένων και συχνά ούτε για την πλήρη διεξαγωγή της άσκησης.

5 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ

Η δομή και η οργάνωση του RMCLab επιτρέπει, εκτός από την παροχή βασικής εργαστηριακής εκπαίδευσης, και την ενσωμάτωση νέων, προηγμένων εκπαιδευτικών και επιστημονικών υπηρεσιών.

Η δομή του RMCLab επιτρέπει την εύκολη ανάπτυξη μεγάλου αριθμού εργαστηριακών ασκήσεων. Επειδή ο αριθμός των εργαστηριακών ασκήσεων, που μπορούν να ζητηθούν από τους εκπαιδευόμενους, είναι σαφώς περιορισμένος, το επιπλέον αυτό εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να δοθεί στους εκπαιδευόμενους με την μορφή «ενεργών-συνεργατικών» διαλέξεων. Στις διαλέξεις αυτές είναι δυνατό να παρουσιαστεί η θεωρία και η λειτουργία του προς μελέτη κυκλώματος, αποφεύγοντας την απαίτηση στοιχείων (αξιολόγηση, αναφορές), που αφορούν στις εργαστηριακές ασκήσεις. Αυτή η μορφή εκπαίδευσης δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτή να παρουσιάσει τη λειτουργία ακόμα και πολύπλοκων κυκλωματικών διατάξεων, διευρύνοντας έτσι τους διδακτικούς ορίζοντες και την ποιότητα της παρεχόμενης εκπαίδευσης.

Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες αναδιάταξης του ειδικού εργαστηριακού υλικού, είναι σε θέση να υλοποιήσει εξ αποστάσεως σύνθετες κυκλωματικές διατάξεις, που αφορούν είτε σε εξαμηνιαίες (project), είτε σε διπλωματικές, είτε ακόμη και σε πρότυπες ερευνητικές εργασίες, και να πιστοποιήσει την ορθή τους λειτουργία, όπως θα έκανε και σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Ακόμα ένα πλεονέκτημα που προκύπτει από τα παραπάνω, είναι το γεγονός ότι η εργασία αυτή μπορεί να παραμείνει διαθέσιμη προς παρουσίαση στο διαδίκτυο.

Η αρχιτεκτονική του RMCLab (Εικόνα 4) επιτρέπει την δημιουργία πλεγμάτων (grids) ([Bagnasco & Scapolla, 2003]) από σταθμούς εξυπηρέτησης, κάτι που δίνει τη δυνατότητα της κατανομής ανεξάρτητων πόρων (όργανα και υλικό) σε διαφορετικές γεωγραφικές θέσεις, επιτρέποντας όμως την ενιαία πρόσβαση σε αυτούς, από οποιαδήποτε σημείο του πλανήτη.

Οι δυνατότητες του RMCLab δεν περιορίζονται μόνο σε εκπαιδευτικές διαδικασίες, αλλά μπορούν να επεκταθούν στην προώθηση ηλεκτρονικών προϊόντων με την online επίδειξη των δυνατοτήτων τους από τους κατασκευαστές.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης και διεξαγωγής εργαστηριακών ασκήσεων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, του RMCLab.

Η χρήση του RMCLab επιτρέπει τη παροχή ολοκληρωμένης, υψηλής ποιότητας εργαστηριακής εκπαίδευσης, σε μεγάλους αριθμούς εκπαιδευόμενων, έχοντας πολύ μικρές απαιτήσεις τόσο σε εργαστηριακό εξοπλισμό και υποδομή, όσο και σε επιστημονικό προσωπικό, σημαντικά μικρότερες από αυτές που απαιτεί η συμβατική ΕΕ. Συνεπώς, οι επιπλέον πόροι που θα αναλώνονταν για την συμβατική ΕΕ, μπορούν τώρα να δαπανηθούν πιο εποικοδομητικά για την αναβάθμιση της ποσότητας και της ποιότητας της προσφερόμενης ΕΕ.

Η εξΑΕΕ που παρέχει το RMCLab πλεονεκτεί της συμβατικής ΕΕ τόσο στην ποιότητα όσο και στην ποσότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας, αλλά μειονεκτεί ως προς την προσλαμβανόμενη από τους εκπαιδευόμενους εμπειρία. Το μειονέκτημα αυτό μπορεί να υπερκεραστεί συμπληρώνοντας την εξΑΕΕ με μια «κατ' οίκον» εξαμηνιαία εργασία (project), που θα απαιτεί την σχεδίαση και κατασκευή υλικού, άμεσα συνδεδεμένου με το αντικείμενο του μαθήματος. Όμως, ακόμα και αυτή η εργασία είναι δυνατό να εκπονηθεί μέσω του RMCLab.

Η δοκιμαστική εφαρμογή της εξΑΕΕ σε τρία υποχρεωτικά εργαστηριακά μαθήματα έδειξε ότι γίνεται θετικά αποδεκτή από τους εκπαιδευόμενους διότι τους απομπλέκει από τυπικές διαδικασίες (υποχρεωτική φυσική παρουσία σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο), παρέχοντας ταυτόχρονα άνεση χρόνου και καλύτερο περιβάλλον για τη διεκπεραίωση των ασκήσεων. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας και η παροχή συστημάτων εξΑΕΕ, όπως το RMCLab, συμβάλει σημαντικά στη τόνωση της αίσθησης και της εκτίμησης των φοιτητών για την ποιότητα των σπουδών τους καθώς και στην αύξηση της αναγνωρισιμότητας του εκπαιδευτικού ιδρύματος που την παρέχει.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς της εργασίας αυτής αισθάνονται την ανάγκη να ευχαριστήσουν τον καθηγητή και διευθυντή του εργαστηρίου Ηλεκτρονικών Εφαρμογών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών, κ. Γ. Παπαδόπουλο, καθώς και τον καθηγητή κ. Στ. Κουμπιά για την αμέριστη συμπαράσταση και οικονομοτεχνική υποστήριξη που προσέφεραν κατά την διαδικασία ανάπτυξης του RMCLab.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[Online-1]. '*A Java-Based Remote, Measurement Laboratory - ReMLab*', Politecnico di Milano. Διαθέσιμο: <http://sermis.etec.polimi.it>.

[Online-2]. '*Automated Internet Measurement Laboratory - AIM-Lab*', Rensselaer Polytechnic Institute. Διαθέσιμο: <http://nina.ecse.rpi.edu/shur/remote>.

[Online-3]. '*Distance Lab*', Blekinge Institute of Technology. Διαθέσιμο: <http://www.its.bth.se/distancelab/english>.

[Online-4]. '*Information for WebLab at MIT*', Massachusetts Institute of Technology. Διαθέσιμο: <http://www-mtl.mit.edu/users/alamo/weblab/index.html>.

- [Online-5]. '*Interactive Systems Laboratory - ISL*', University of Illinois. Διαθέσιμο: <http://iel.isl.uic.edu>.
- [Online-6]. '*Internet Based Remote Control System - IBRCS*', Advanced IT Applications and Consultancy. Διαθέσιμο: <http://aitac.np.edu.sg/ibrcs>.
- [Online-7]. '*Internet Lab - ILab*', Chalmers University of Technology'. Διαθέσιμο: <http://www.ic.chalmers.se/ilab>.
- [Online-8]. '*Internet Remote Experimentation - VLAB*', National University of Singapore. Διαθέσιμο: <http://vlab.ee.nus.edu.sg/vlab/index.html>.
- [Online-9]. '*Internet Shared Instrumentation Laboratory - ISILab*', University of Genoa. Διαθέσιμο: <http://isilab-esng.dibe.unige.it>.
- [Online-10]. '*Lab-on-Web - LoW*', University Graduate Center. Διαθέσιμο: <http://www.lab-on-web.com/NET/WebApplication/LoW>.
- [Online-11]. '*Next Generation Lab - NGL - Analog CMOS Course*', Norwegian University of Science And Technology. Διαθέσιμο: <http://www.ngl.fysel.ntnu.no/pages/index.aspx>.
- [Online-12]. '*Remote experimentation over the Internet*', Swiss Federal Institute of Technology. Διαθέσιμο: http://iawww.epfl.ch/Staff/Christophe.Salzmman/MS_HTML/ChMS.html.
- [Online-13]. '*RETWINE*', Universidad Autonoma de Madrid. Διαθέσιμο: <http://www.retwine.net>.
- [Online-14]. '*Virtual Laboratory - VirtLab*', John Hopkins University. Διαθέσιμο: <http://www.jhu.edu/%7Evirtlab/virtlab.html>.
- [Online-15]. '*Web-based Educational framework for Analysis, Visualization, and Experimentation - WEAVE*', WEAVE Project under DUKE University. Διαθέσιμο: <http://weaveserve.egr.duke.edu:8080/weave/index.jsp>.
- [Online-16]. '*WebLab*', Massachusetts Institute of Technology. Διαθέσιμο: <http://weblab.mit.edu>.
- Bagnasco A., Scapolla A., (2003), '*A Grid of Remote Laboratory for Teaching Electronics*', 2nd International LeGE-WG Workshop on e-Learning and Grid Technologies: a fundamental challenge for Europe, March.
- Dixon W., Dawson D., Costic B., Queiroz M., (2002), '*A MATLAB-Based Control Systems Laboratory Experience for Undergraduate Students: Toward Standardization and Shared Resources*', in IEEE Transactions on Education, August 45, pp. 218-226.
- Ferrero A., Salicone S., Bonora C., Parmigiani M., (2003), '*ReMLab: A Java-Based Remote, Didactic Measurement Laboratory*', in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, June 52, pp. 710-715.
- Fjeldly T., Shur M., (2003), '*Lab on the Web: Running Real Electronics Experiments Via the Internet*', Publisher, John Wiley & Sons Inc.
- Ko C., Chen B., Chen J., (2004), '*Creating Web-based Laboratories (Advanced Information and Knowledge Processing)*', Publisher, Springer.
- Mason G., (2002), '*A Handheld Data Acquisition System for Use in an Undergraduate Data Acquisition Course*', IEEE Transactions on Education, November 45, pp. 388-393.
- Notash L., Garriock M., (2003), '*International Virtual Design Studio (IVDS) Program: Overview, Challenges, and Students' Perspectives*', in IEEE Transactions on Education, August 46, pp. 345-349.
- Palop J., Teruel M., (2000), '*Virtual Work Bench for Electronic Instrumentation Teaching*', in IEEE Transactions on Education, February 43, pp. 15-18.
- Ringwood J., Galvin G., (2002), '*Computer-Aided Learning in Artificial Neural Networks*', in IEEE Transactions on Education, November 45, pp. 380-387.
- Sebastian J., Garcia D., Sanchez F., (2003), '*Remote-Access Education Based on Image Acquisition and Processing Through the Internet*', in IEEE Transactions on Education, February 46, pp. 142-148.