



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Φυσικής

**Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Φυσικής
Μεταπτυχιακό Ηλεκτρονικού Αυτοματισμού**

Διπλωματική Εργασία

**Ανάπτυξη Εφαρμογής Μετρήσεων για το Βιομηχανικό
Διαδίκτυο των Πραγμάτων**

**Development of Measurement Application for the
Industrial Internet of Things**

Δημήτριος Παπαχριστόδουλος

Επιβλέπων:

Τζανακάκη Άννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Ιούλιος 2020

Περίληψη

Στόχος της παρούσας Διπλωματική εργασία είναι η ανάπτυξη εφαρμογής μετρήσεων για το βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων (Industrial Internet of Things IIOT). Σε αυτό το περιβάλλον υπάρχει απαίτηση για συλλογή μετρήσεων (πχ θερμοκρασία, ρεύμα, τάση, επιτάχυνση κτλ) από ετερογενείς συσκευές με ιδιαίτερα αυστηρές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας όπως για παράδειγμα ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης και δειγματοληψίας, ο συγχρονισμός των μετρήσεων από γεωγραφικά απομακρυσμένες συσκευές, η αξιοπιστία στη μετάδοση με χρήση κατάλληλων πρωτοκόλλων, η χαμηλή καθυστέρηση και το υψηλό επίπεδο ασφάλειας.

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, αναπτύχθηκε κατάλληλο λογισμικό το οποίο συλλέγει δεδομένα από βιομηχανικές συσκευές λήψης μετρήσεων με ιδιαίτερα αυστηρή δειγματοληψία. Οι μετρήσεις μεταφέρονται προς αποθήκευση σε απομακρυσμένο υπολογιστικό κέντρο με χρήση του πρωτοκόλλου μεταφοράς μηνυμάτων MQTT. Ταυτόχρονα, κάθε μέτρηση συνοδεύεται από μια χρονοσφραγίδα (timestamp) η οποία υποδεικνύει την στιγμή της δειγματοληψίας και επιτρέπει το συγχρονισμό των μετρήσεων απομακρυσμένων συσκευών. Για την αξιόπιστη ασφαλή μεταφορά των δεδομένων μέσω MQTT υπάρχει η δυνατότητα πιστοποίησης (όνομα χρήστη, κωδικός) του καναλιού όπου στέλνονται τα δεδομένα αλλά και προτού κάνεις είσοδο στην εφαρμογή χρειάζεται ο χρήστης να έχει ενεργό λογαριασμό (όνομα χρήστη, κωδικός) για επιπλέον ασφάλεια.

Η επίδοση του συγκεκριμένου λογισμικού μελετήθηκε πειραματικά μέσω εκτεταμένων μετρήσεων ως προς το μέσο χρόνο που απαιτείται από τη λήψη ενός μηνύματος μέχρι και την αποθήκευση του καθώς και το χρονικό διάστημα μεταξύ των μετρήσεων. Τα αριθμητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το συγκεκριμένα σύστημα μπορείς να διατηρήσει ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς δειγματοληψίας με καθυστέρηση μικρότερη του 48 ms.

Abstract

The aim of this Diploma Thesis is to develop an application of measurements for the industrial Internet of Things (Industrial Internet of Things IIOT). In this environment there is a requirement to collect measurements (e.g. temperature, current voltage, acceleration, etc.) from heterogeneous devices with very strict service quality requirements such as high rate of transmission and sampling, synchronization of measurements from geographically remote devices, reliability in transmission using appropriate protocols, low latency and high level of security.

To achieve the above goal, appropriate software was developed which collects data from industrial measuring devices with very strict sampling. The measurements are transferred for storage in a remote computer center using MQTT message transfer protocol. At the same time each measurement is accompanied by a timestamp which indicates the time of sampling and allows the synchronization of the measurements of remote devices. For reliable secure data transfer via MQTT there is the possibility of authentication (username, password) of the channel where the data is sent but also before entering the application the user needs to have an active account (username, password) for additional security.

The performance of this software was studied experimentally through extensive measurements of the average time receiving a message to its storage as well as the time interval between measurements. The numerical results showed that this system can maintain particularly high sampling rates with a delay of less than 48 ms.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ	5
1.1. Εισαγωγή	5
1.2. Ορισμός	6
1.3. Εφαρμογές στη βιομηχανία.....	7
1.4. Προσκλήσεις για την υιοθέτηση του IIoT	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ	9
2.1. Εισαγωγή	9
2.2. Εισαγωγή στο πρωτόκολλο MQTT.....	10
2.3. MQTT broker.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	14
3.1. Περιγραφή υλοποίησης Publisher	14
3.2. Περιγραφή του Subscriber	25
3.3. Υλοποίηση ολοκληρωμένου συστήματος	28
3.4. Αποθήκευση δεδομένων.....	31
3.4.1. Αποθήκευση σε Microsoft Sql Server.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	33
4.1. Αντληση δεδομένων - Αποτελέσματα.....	33
4.2. Ανάλυση δεδομένων.....	34
4.3. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις.....	37
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	40
5.1. Πηγαίος κώδικας publisher.....	41
5.2. Πηγαίος κώδικας subscriber	58
5.3. Δείγμα μετρήσεων.....	60

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στο Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων

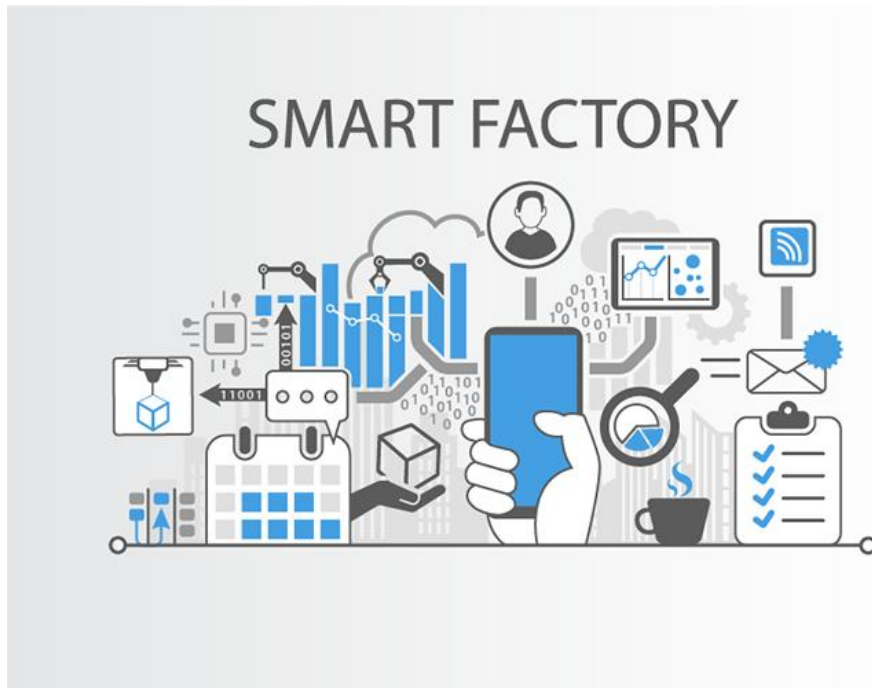
1.1. Εισαγωγή

Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) παρουσιάζεται συχνά ως επανάσταση που αλλάζει το πρόσωπο της βιομηχανίας με βαθύ τρόπο. Στην πραγματικότητα, είναι μια εξέλιξη στην οποία προέρχονται τεχνολογίες και λειτουργίες που αναπτύχθηκαν από οραματιστές τεχνολόγους εδώ και 15 χρόνια. Καθώς τα παγκόσμια πρότυπα ωριμάζουν, μπορεί να χρειαστούν άλλα 15 χρόνια να συνειδητοποιήσουμε το πλήρες δυναμικό του IIoT. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής οι αλλαγές στη βιομηχανία θα γίνονται όλο και πιο δύσκολες και θα χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για να δούμε βελτίωση σε διάφορες τεχνολογίες. Τα καλά νέα είναι ότι οι τελικοί χρήστες και οι κατασκευαστές μηχανών μπορούν τώρα να αξιοποιήσουν τις υπάρχουσες επενδύσεις στην τεχνολογία και στους ανθρώπους εκμεταλλευόμενοι τις διαθέσιμες τεχνολογίες στο νέο Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT). Οι επιχειρήσεις πλέον μπορούν να βρουν υπαρκτές λύσεις IIoT χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση «αναβάθμισης» των ήδη υπάρχουσών υπηρεσιών ή προϊόντων παρά της «αντικατάστασης» τους από καινούργιες για καλύτερο έλεγχο. Επιπλέον, αυτή η μετρημένη προσέγγιση θα οδηγήσει την εξέλιξη προς μια έξυπνη κατασκευαστική επιχείρηση η οποία θα είναι πιο αποτελεσματική, ασφαλέστερη και βιώσιμη.

Η εμφάνιση του δημοφιλούς IIoT δημιούργησε τόσο ελπίδα όσο και σύγχυση στα ενδιαφερόμενα μέρη που είναι υπεύθυνα για τη λειτουργία βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Επίσης, μεγάλος μέρος της πρώιμης διαφημιστικής εκστρατείας επικεντρώνεται στο αντίκτυπο τεχνολογικών εξελίξεων στις υπάρχουσες πλατφόρμες αυτοματισμού. Οι καινούργιες τάσεις – trends άλλαξαν τελείως πολλά επαγγέλματα όπως διαφημιστές, γραφίστες, μηχανικούς, κατασκευαστές, προγραμματιστές κτλ κάνοντάς τους να μπουν σε νέες τεχνολογίες για να μπορέσουν να επιβιώσουν στην αγορά εργασίας.

Ωστόσο, μία από τις προκλήσεις για την κατανόηση του δυναμικού του IIoT είναι το πολύ μεγάλο πεδίο εφαρμογής του. Για παράδειγμα, στον τομέα του έξυπνου επιχειρηματικού ελέγχου, θα δούμε αυτόματη οργάνωση μηχανών και στοιχείων που επιτρέπουν μαζική προσαρμογή και πολλά μεγέθη παρτίδας με μικρές ποσότητες και μεγάλα οφέλη. Στον τομέα της απόδοσης των περιουσιακών στοιχείων, η συλλογή και η ανάλυση από τους όλο και αυξανόμενους ρυθμούς δεδομένων, οι αποδοτικοί και έξυπνοι αισθητήρες θα δημιουργήσουν αύξηση στην απόδοση και στην οικονομία των επιχειρήσεων καθώς και στον χρόνο λειτουργίας τους. Η νέα γενιά των όλο και αυξανόμενων εργαζομένων θα αξιοποιήσει τεχνολογίες αιχμής, συμπεριλαμβανομένων κινητές συσκευές σε μία απαιτητική – πολύπλοκη πραγματικότητα. Με ευκολότερη πρόσβαση σε πληροφορίες σε όλη την επιχείρηση, η εργασία τους απλοποιείται και τα συστήματα παραγωγής γίνονται πιο κερδοφόρα. Ορισμένες από αυτές τις αλλαγές μπορούν να εφαρμοστούν βραχυπρόθεσμα έως μεσοπρόθεσμα, άλλες θα απαιτήσουν μία σταδιακή εξέλιξη με τους τελικούς χρήστες και τις επιχειρήσεις παραγωγούς πρωτότυπου εξοπλισμού (OEMs) να προσθέτουν

σταδιακά στη λειτουργικότητά τους σε υφιστάμενα συστήματα παλαιού τύπου ως νέα διεθνή πρότυπα IIoT.



Εικόνα 1.1 Έξυπνο Εργοστάσιο

1.2. Ορισμός

Το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT) είναι το όραμα του κόσμου εκείνου όπου οι επιχειρήσεις - βιομηχανίες λειτουργούν ως έξυπνα συνδεδεμένα στοιχεία ενός μεγαλύτερου συστήματος ή συστημάτων τα οποία αποτελούν την έξυπνη κατασκευαστική επιχείρηση. Τα «Πράγματα» διαθέτουν διάφορα επίπεδα έξυπνης λειτουργικότητας, που κυμαίνονται από την απλή ανίχνευση και ενεργοποίηση, για έλεγχο, βελτιστοποίηση και πλήρη αυτόνομη λειτουργία.

Οι πιο καινοτόμες κατασκευαστικές επιχειρήσεις αποτελούνται από έξυπνες μηχανές (smart machines), εγκαταστάσεις πολλών λειτουργιών εκ των οποίων έχουν υψηλότερα επίπεδα νοημοσύνης ενσωματωμένα στο πυρήνα τους. Τα συνδεδεμένα συστήματα βασίζονται σε ανοικτές και τυπικές τεχνολογίες Internet και Cloud και επιτρέπουν την ασφαλή πρόσβαση σε συσκευές και πληροφορίες απομακρυσμένα. Αυτό επιτρέπει την επεξεργασία «μεγάλων δεδομένων» (Big Data) με νέα προηγμένα εργαλεία και τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας που μπορούν να μας δώσουν αναλυτικά στοιχεία και τελικά αύξηση της επιχειρηματικής αξίας. Αυτό, με την σειρά του, επιτρέπει βελτιώσεις στην αποδοτικότητα. Έτσι, η μεγάλη αποδοτικότητα, η αύξηση της ασφάλειας στο Internet και η καινοτομία βοηθά μία επιχείρηση να έχει καλύτερο έλεγχο της ασφάλειας με καλύτερες επιδόσεις και μειωμένες επιπτώσεις εκπομπών του CO₂.

1.3. Εφαρμογές στη βιομηχανία

Αν και ο μακροπρόθεσμος αντίκτυπος του IIoT είναι μερικές φορές δύσκολο να προβλεφθεί, τρία διαφορετικά λειτουργικά περιβάλλοντα θα καθορίσουν το στάδιο για την εμφάνιση μιας έξυπνης κατασκευαστικής επιχείρησης.

- **Έξυπνος έλεγχος επιχειρήσεων**

Οι τεχνολογίες IIoT θα επιτρέψουν τη στενή ενσωμάτωση των έξυπνων συνδεδεμένων μηχανημάτων και έξυπνων συνδεδεμένων κατασκευαστικών στοιχείων στο σύνολο της επιχείρησης. Αυτό θα διευκολύνει την επιχείρηση να γίνει πιο ευέλικτη και αποτελεσματική, και ως εκ τούτου κερδοφόρα (βιομηχανοποίηση). Ο έξυπνος επιχειρησιακός έλεγχος μπορεί να θεωρηθεί ως μεσοπρόθεσμη έως μακροπρόθεσμη τάση – trend τάση για μία επιχείρηση. Αυτό είναι πολύπλοκο να εφαρμοστεί και θα απαιτήσει την δημιουργία νέων προτύπων για σύγκλιση συστημάτων IT (Information Technology) και OT (Operational Technology).

- **Διαχείριση απόδοσης περιουσιακών στοιχείων**

Η ανάπτυξη οικονομικά ασύρματων αισθητήρων, η εύκολη συνδεσιμότητα στο cloud (συμπεριλαμβανόμενου του WAN) και η ανάλυση δεδομένων θα βελτιώσουν σε μεγάλο βαθμό την διαχείριση απόδοσης περιουσιακών στοιχείων σε μια επιχείρηση. Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν την εύκολη συλλογή και μετατροπή δεδομένων από το πεδίο σε ενεργές πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Αυτό θα οδηγήσει σε καλύτερες επιχειρηματικές αποφάσεις και μελλοντικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

- **Επαυξημένοι χειριστές (Augmented Operators)**

Οι μελλοντικοί υπάλληλοι θα χρησιμοποιούν κινητές συσκευές , αναλυτικά δεδομένα , επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented reality) και διαφανής συνδεσιμότητα για την αύξηση της παραγωγικότητας. Όσο λιγότερα ειδικευμένοι εργαζόμενοι αφήνονται πίσω σε ανθρώπινες δραστηριότητες λόγω της ταχείας αύξησης της συνταξιοδότησης, τόσο οι νεότεροι εργάτες αντικατάστασης θα χρειαστούν λιγότερες πληροφορίες από τους παλιότερους για να ενσωματωθούν στην εργασία. Αυτές οι πληροφορίες θα παραδοθούν σε πραγματικό χρόνο που είναι γνωστό τους. Έτσι, το εργοστάσιο εξελίσσεται ως πιο επικεντρωμένο στο χρήστη και λιγότερο επικεντρωμένο στο μηχάνημα.

Ενώ αυτοί οι τρεις τομείς είναι στενά συνδεδεμένοι και μοιράζονται πολλές αλληλεξαρτήσεις, επίσης έχουν διαφορές. Για παράδειγμα οι χρονικές κλίμακες στις οποίες μπορούν να εφαρμοστούν και το είδος τμήματος αγοράς που αντιμετωπίζουν δεν είναι το ίδιο. Τέλος , σημαντικό παράγοντα σε όλα αυτά που αναφέρθηκαν παίζει η απομακρυσμένη διαχείριση της επιχείρησης – βιομηχανίας σε όλους τους τομείς δίχως την άμεση επαφή του εργαζομένου στο χώρο εργασίας του μέσω ασφαλών δίαυλων επικοινωνίας (VPN).

Υπάρχουν δύο άλλοι τομείς , συνεργατική ρομποτική και η τρισδιάστατη εκτύπωση, οι οποίες σχετίζονται με το IIoT , αλλά δεν θα τα αναλύσουμε σε αυτή την εργασία διότι είναι συγκεκριμένες τεχνολογίες που δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τις βιομηχανικές επιχειρήσεις.

1.4. Προσκλήσεις για την υιοθέτηση του IIoT

Πριν μία βιομηχανική επιχείρηση υιοθετήσει τις IIoT τεχνολογίες πρέπει να ξεπεράσει κάποιες προκλήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν τη δημιουργία βιομηχανίας γύρω από τα πρότυπα IIoT , την προστασία της ασφάλειας στο Internet και την προσαρμογή του εργατικού δυναμικού σε νέα σύνολα δεξιοτήτων.

- **Πρότυπα - Τυποποίηση**

Απαιτούνται πρότυπα για να επιτρέπεται η αλληλεπίδραση με έξυπνα συνδεδεμένα προϊόντα, μηχανήματα και στοιχεία με διαφανή τρόπο. Αυτό υπερβαίνει τα απλά πρωτόκολλα επικοινωνίας και περιλαμβάνει τη δημιουργία τυποποιημένων μηχανισμών που θα επιτρέψουν στις έξυπνες συσκευές να ανακαλύψουν ο ένας τον άλλον. Ορισμένα πρότυπα όπως τα PackML, υπάρχουν σε αυτόν τον τομέα, αλλά μερικά είναι ελλιπή και δεν καλύπτουν όλες τις πτυχές της κατασκευής. Η Βιομηχανική Κοινοπραξία Διαδικτύου (Industrial Internet Consortium) αντιμετωπίζει επί του παρόντος το ζήτημα της τυποποίησης.

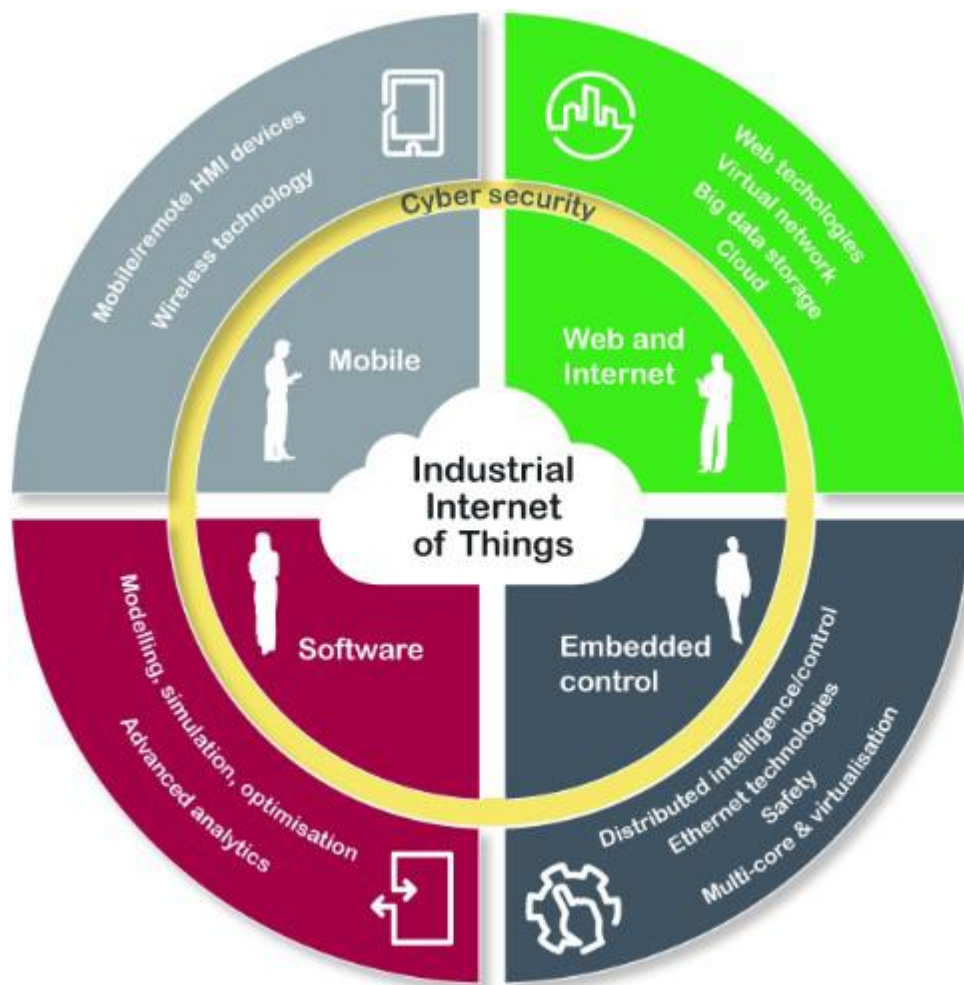
- **Κυβερνοασφάλεια (Cyber Security)**

Με τον ερχομό του IIoT βγήκε η ανάγκη για ασφάλεια στον κυβερνοχώρο για τον βιομηχανικό έλεγχο συστημάτων. Η πολυπλοκότητα του IIoT ίσως σημαίνει ότι η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο πρέπει να σχεδιαστεί με στοιχεία που συνθέτουν το σύστημα αυτοματισμού. Η υιοθέτηση προτύπων βιομηχανικής ασφάλειας με πιστοποίηση θα είναι απαραίτητη για την πρόοδο του IIoT, διότι θα διασφαλίσει την ασφάλεια όχι μόνο των μεμονωμένων περιουσιακών στοιχείων αλλά και των μεγαλύτερων συστημάτων ανάπτυξης και λειτουργικότητας. Αυτές οι πιστοποιήσεις θα παίξουν παρόμοιο ρόλο με αυτό που συμβαίνουν στον τομέα των πιστοποιήσεων ασφαλείας. Συμμόρφωση με τα μέσα πιστοποίησης σημαίνει ότι τα στοιχεία ενός συστήματος διατηρούν τα κλειδιά ασφαλείας στα βασικά δομικά στοιχεία ασφαλείας. Τα στοιχεία συνδυάζονται με ασφαλή τρόπο από πιστοποιημένες ομάδες ασφαλείας και λειτουργούν ως ασφαλές σύστημα από εκπαιδευμένους χειριστές ασφαλείας. Το κλειδί για την πιστοποίηση ασφαλείας είναι η συνέπεια της ασφάλειας και υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής του. Παγκοσμίως, το IEC62443 (σειρά προτύπων ασφαλείας) καλύπτει όλα τα στοιχεία ασφαλείας από την ανάπτυξη προϊόντων έως σε χαρακτηριστικά συστήματος, παράδοση και λειτουργία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ενώ σήμερα ορισμένοι ανεξάρτητοι φορείς προσφέρουν πιστοποίηση στο IEC62443 το ίδιο το IEC δεν έχει ακόμα αποδεχθεί οποιονδήποτε από αυτούς τους οργανισμούς πιστοποίησης IEC62443. Γενικά το κομμάτι της ασφάλειας είναι ένα θέμα που θα επηρεάσει στο μέλλον όλες τις επιχειρήσεις.

- **Ικανότητες Εργαζομένων (Worker Competencies)**

Τα σετ δεξιοτήτων που απαιτούνται για το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός συστήματος που βασίζεται σε IIoT είναι κάπως διαφορετικά από αυτά που χρειάζονται για να τρέξει ένα κλασικό σύστημα αυτοματισμού (βλ. Εικόνα 1.2). Ένα σημαντικό ποσό απαιτεί επανεκπαίδευση για τους υφιστάμενους χειριστές και το

προσωπικό συντήρησης για τη διαχείριση αυτού του είδους συστημάτων. Τα καλά νέα είναι ότι τα συστήματα IIoT θα χρησιμοποιούν τεχνολογίες γνωστές στην καθημερινή ζωή και η νέα γενιά χειριστών δεν θα έχει προβλήματα προσαρμογής σε αυτή τη νέα προσέγγιση. Η κύρια πρόκληση για τους προμηθευτές αυτοματισμού θα είναι ο σχεδιασμός και η προμήθεια εργαλείων διάγνωσης / εντοπισμού σφαλμάτων που θα μπορούν να εντοπίσουν γρήγορα την βασική αίτια των προβλημάτων. Αυτό θα διασφαλίσει ότι ένα δυσλειτουργικό ή προβληματικό σύστημα μπορεί να αποκατασταθεί άμεσα και γρήγορα.



Εικόνα 1.2 Λειτουργίες ενός IIoT συστήματος

Κεφάλαιο 2. Πρωτόκολλα διασύνδεσης και ανταλλαγής μηνυμάτων

2.1. Εισαγωγή

Το MQTT αντιπροσωπεύει τη μεταφορά Message Queuing Telemetry Transport. Πρόκειται για ένα publish / subscribe, εξαιρετικά απλό και ελαφρύ πρωτόκολλο

ανταλλαγής μηνυμάτων, σχεδιασμένο για περιορισμένες συσκευές και δίκτυα χαμηλού εύρους ζώνης, υψηλής καθυστέρησης ή αναξιόπιστων δικτύων. Οι αρχές σχεδιασμού είναι να ελαχιστοποιηθούν οι απαιτήσεις για το εύρος ζώνης δικτύου και τις πηγές των συσκευών, ενώ ταυτόχρονα επιχειρείται η διασφάλιση της αξιοπιστίας και ο βαθμός διασφάλισης της παράδοσης. Αυτές οι αρχές καταλήγουν επίσης να καταστήσουν το πρωτόκολλο ιδανικό για τον κόσμο των συνδεδεμένων συσκευών "μηχανή-μηχανή" (M2M) ή "Διαδίκτυο των πραγμάτων" και για κινητές εφαρμογές όπου το εύρος ζώνης και η ισχύς της μπαταρίας είναι εξαιρετικά υψηλές.

Το MQTT επινοήθηκε από τον Δρ Andy Stanford-Clark της IBM και τον Arlen Nipper της Arcom (τώρα Eurotech), το 1999.

Το Mosquitto είναι ένας μεσίτης μηνυμάτων ανοιχτού κώδικα (EPL / EDL με άδεια χρήσης) που υλοποιεί τις εκδόσεις 3.1 και 3.1.1 του πρωτοκόλλου MQTT. Ο Mosquitto είναι ελαφρύς και είναι κατάλληλος για χρήση σε όλες τις συσκευές από υπολογιστές με χαμηλή ισχύ σε μονόπλακες έως πλήρεις διακομιστές.

Το πρωτόκολλο MQTT παρέχει μια ελαφριά μέθοδο εκτέλεσης μηνυμάτων χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο δημοσίευσης / εγγραφής (publish / subscribe). Αυτό το καθιστά κατάλληλο για μηνύματα Internet of Things όπως με αισθητήρες χαμηλής ισχύος ή κινητές συσκευές όπως τηλέφωνα, ενσωματωμένους υπολογιστές ή μικροελεγκτές (NI-DAQmx, Arduino, Raspberry Pi).

Το Mosquitto παρέχει επίσης μια βιβλιοθήκη C για την εφαρμογή των πελατών MQTT και τις πολύ δημοφιλείς εντολές mosquitto_pub και mosquitto_sub. Επιπλέον υπάρχουν βιβλιοθήκες σε πολλές γλώσσες ώστε να χρησιμοποιείται εύκολα σε όλα τα περιβάλλοντα ανάπτυξης και από μεγάλο πλήθος τεχνολογιών.

Το Mosquitto είναι μέρος του Eclipse Foundation και είναι ένα έργο iot.eclipse.org.

Η θύρα TCP / IP 1883 είναι δεσμευμένη με το IANA για χρήση με το MQTT. Η θύρα TCP / IP 8883 είναι επίσης καταχωρημένη, για τη χρήση του MQTT μέσω SSL. Μπορείτε να περάσετε ένα όνομα χρήστη και έναν κωδικό πρόσβασης με ένα πακέτο MQTT στο V3.1 του πρωτοκόλλου. Η κρυπτογράφηση σε όλο το δίκτυο μπορεί να αντιμετωπιστεί με SSL, ανεξάρτητα από το ίδιο το πρωτόκολλο MQTT (αξίζει να σημειωθεί ότι το SSL δεν είναι το ελαφρύτερο πρωτόκολλο και προσθέτει σημαντικά έξοδα στο δίκτυο).

Τέλος, όποιος θέλει μπορεί να κατεβάσει δωρεάν το mosquitto σε όλα τα λειτουργικά συστήματα από εδώ : <https://mosquitto.org/download/>.

2.2. Εισαγωγή στο πρωτόκολλο MQTT

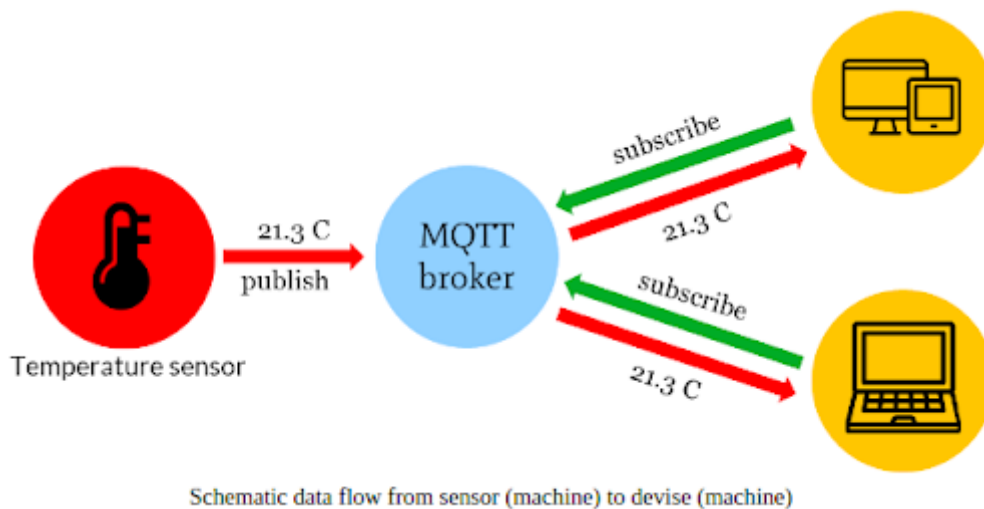
Το πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων MQTT αναπτύχθηκε για πρώτη φορά το 1999 από την IBM και την Cirrus Link και έγινε αποδεκτό ως πρότυπο ISO το 2013, ξεκινώντας από την έκδοση 3.1. Το MQTT χρησιμοποιεί ένα μοτίβο δημοσίευσης-εγγραφής (βλ. Εικόνα 2.1) για την ανταλλαγή μηνυμάτων. Όπως φαίνεται στο σχήμα, ένα σύστημα MQTT περιλαμβάνει έναν μεσίτη (broker) και πολλούς πελάτες (clients), όπου οι πελάτες μπορούν είτε να είναι εκδότες (publishers) είτε συνδρομητές (subscribers). Οι εκδότες στέλνουν δεδομένα στον μεσίτη με τη μορφή πακέτων MQTT, τα οποία αποτελούνται από ένα «θέμα» (topic) και «ωφέλιμο φορτίο» (payload). Ο broker στη συνέχεια διανέμει τα δεδομένα στους subscribers με βάση τα

θέματα στα οποία έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον. Το πρωτόκολλο MQTT δεν καθορίζει μια τυπική μορφή για τη μετάδοση δεδομένων, αν και είναι κοινό για τις εφαρμογές να χρησιμοποιούν είτε το πρωτόκολλο JSON είτε απλό κείμενο. Σε σύγκριση με άλλα πρωτόκολλα, το MQTT έχει πλεονεκτήματα που το καθιστούν ιδανικό για εφαρμογές IoT.



Εικόνα 2.1 Publish-Subscribe Pattern

2.3. MQTT broker



Εικόνα 2.2 MQTT Broker Pattern

Ένα λογισμικό που εκτελείται σε έναν υπολογιστή (λειτουργεί εσωτερικά ή στο cloud), θα μπορούσε να δημιουργηθεί μόνοι του ή να φιλοξενηθεί από τρίτο μέρος. Διατίθεται ως ανοιχτού κώδικα και ιδιόκτητου με πρόσθετες δυνατότητες.

Ο broker ενεργεί ως ταχυδρομείο, το MQTT δεν χρησιμοποιεί τη διεύθυνση του παραλήπτη που προορίζεται, αλλά χρησιμοποιεί τη γραμμή θέματος που ονομάζεται "Θέμα" (Topic) και όποιος θέλει ένα αντίγραφο αυτού του μηνύματος θα εγγραφεί σε αυτό το θέμα. Πολλοί πελάτες μπορούν να λάβουν το μήνυμα από έναν μεσίτη (μία έως πολλές δυνατότητες). Ομοίως, πολλοί εκδότες μπορούν να δημοσιεύουν θέματα σε έναν μόνο συνδρομητή (πολλοί σε έναν).

Κάθε πελάτης μπορεί να παράγει και να λαμβάνει δεδομένα τόσο με δημοσίευση όσο και με εγγραφή, δηλαδή οι συσκευές μπορούν να δημοσιεύουν δεδομένα αισθητήρα

και να μπορούν ακόμη να λαμβάνουν πληροφορίες διαμόρφωσης ή εντολές ελέγχου (το MQTT είναι ένα αμφίδρομο πρωτόκολλο επικοινωνίας). Αυτό βοηθά τόσο στην κοινή χρήση δεδομένων, στη διαχείριση και στον έλεγχο συσκευών.

Με την αρχιτεκτονική του MQTT broker, οι συσκευές και η εφαρμογή αποσυνδέονται και είναι πιο ασφαλείς. Το MQTT χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση Transport Layer Security (TLS) με όνομα χρήστη, συνδέσεις προστατευμένες με κωδικό πρόσβασης και προαιρετικές πιστοποιήσεις που απαιτούν από τους πελάτες να παρέχουν ένα αρχείο πιστοποιητικού που ταιριάζει με το διακομιστή. Οι πελάτες δεν γνωρίζουν τη διεύθυνση IP του άλλου.

Σε περίπτωση μίας μοναδικής πηγής αποτυχίας, το λογισμικό broker και οι πελάτες έχουν μια αυτόματη παράδοση στον εφεδρικό / αυτόματο broker αντιγράφων ασφαλείας. Ο εφεδρικός μεσίτης μπορεί επίσης να ρυθμιστεί για να μοιράζεται το φορτίο των πελατών σε πολλούς διακομιστές επιτόπου, cloud ή τον συνδυασμό και των δύο.

Ο broker μπορεί να υποστηρίξει τόσο το πρότυπο MQTT όσο και το MQTT για συμβατές προδιαγραφές όπως το Sparkplug, μπορεί να γίνει με τον ίδιο διακομιστή, την ίδια ώρα και με τα ίδια επίπεδα ασφάλειας.

Ο broker μπορεί να αποθηκεύσει τα δεδομένα με τη μορφή διατηρημένων μηνυμάτων (πρέπει να εγγραφεί με πελάτη βάσης δεδομένων) έτσι ώστε οι νέοι συνδρομητές του θέματος να μπορούν να πάρουν αμέσως την τελευταία τιμή. Ο broker παρακολουθεί επίσης όλες τις πληροφορίες της συνεδρίας καθώς οι συσκευές ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται οι οποίες ονομάζονται <<μόνιμες συνεδρίες>>.

Τα κύρια πλεονεκτήματα του MQTT broker είναι:

1. Εξαλείφει τις ευάλωτες και ανασφαλείς συνδέσεις πελατών
2. Μπορεί εύκολα να κλιμακωθεί από μία μόνο συσκευή σε χιλιάδες
3. Διαχειρίζεται και παρακολουθεί όλες τις καταστάσεις σύνδεσης πελάτη, συμπεριλαμβανομένων των διαπιστευτηρίων ασφαλείας και των πιστοποιητικών.

Επικοινωνία από πολλά προς πολλά

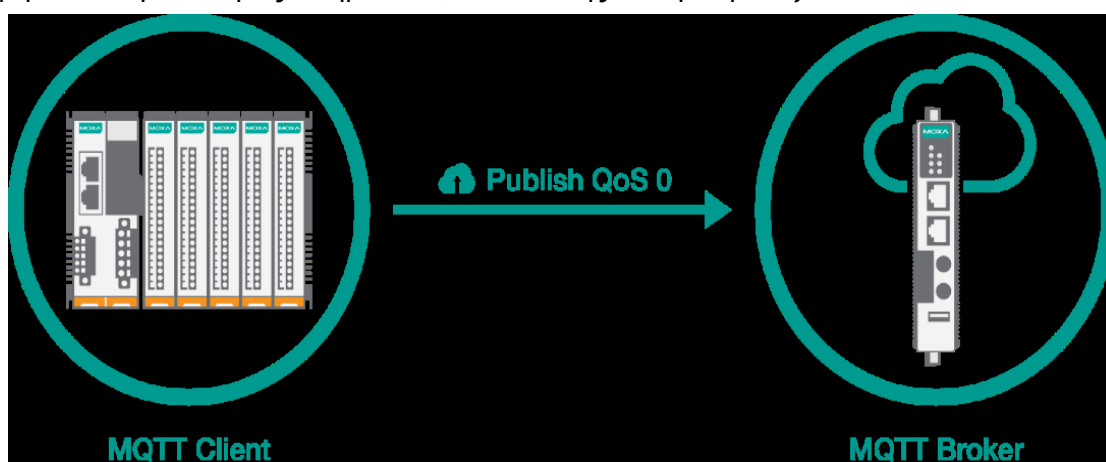
Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του MQTT broker είναι ότι ένα μοτίβο δημοσίευσης-εγγραφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύκολη δημιουργία επικοινωνίας μεταξύ πολλών. Η ιδέα Machine-to-Machine (M2M), η οποία αποτελεί μία πραγματοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ πολλών, είναι ένα από τα πιο καυτά θέματα στο IIoT. Στις εργοστασιακές εφαρμογές M2M, τα μηχανήματα σε κάθε σταθμό μοιράζονται τις δικές τους καταστάσεις διαδικασίας με μηχανήματα σε άλλους σταθμούς. Η κοινή χρήση πληροφοριών με αυτόν τον τρόπο εξυπηρετεί την αυτοματοποίηση της βελτιστοποίησης παραγωγής, χωρίς την ανάγκη μη αυτόματης εισαγωγής από τους χειριστές. Δεδομένου ότι το MQTT broker χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της επικοινωνίας M2M, τα μηχανήματα πρέπει μόνο να δημιουργήσουν σύνδεση με τον μεσίτη αντί να συνδεθούν απευθείας μεταξύ τους, εξοικονομώντας σημαντικό χρόνο στη χειραψία. Δεδομένου ότι ένας μεσίτης είναι αφιερωμένος στο χειρισμό της επικοινωνίας μεταξύ όλων των μηχανών, η μετάδοση δεδομένων είναι πιο αξιόπιστη.

QoS Design

Το πρωτόκολλο MQTT χρησιμοποιεί τρία επίπεδα QoS για να δώσει προτεραιότητα στα δεδομένα:

- **QoS 0: το πολύ μία φορά**

Σε αυτήν την περίπτωση, ο πελάτης δημοσιεύει ένα μήνυμα στον μεσίτη μόνο μία φορά. Ο μεσίτης δεν αναγνωρίζει την παραλαβή του μηνύματος ή δεν παρέχει στον πελάτη ειδοποίηση σχετικά με την επικοινωνία με τους συνδρομητές. Η μόνη εγγύηση είναι ότι ο εκδότης γνωρίζει ότι έχει στείλει το μήνυμα. Ωστόσο, δεν γνωρίζει εάν ο μεσίτης ή συνδρομητές έχουν λάβει το μήνυμα. Αν και το QoS 0 είναι μακράν η ταχύτερη πολιτική ποιότητας υπηρεσιών, είναι επίσης το λιγότερο αξιόπιστο.



Εικόνα 2.3 QoS 0

- **QoS 1: τουλάχιστον μία φορά**

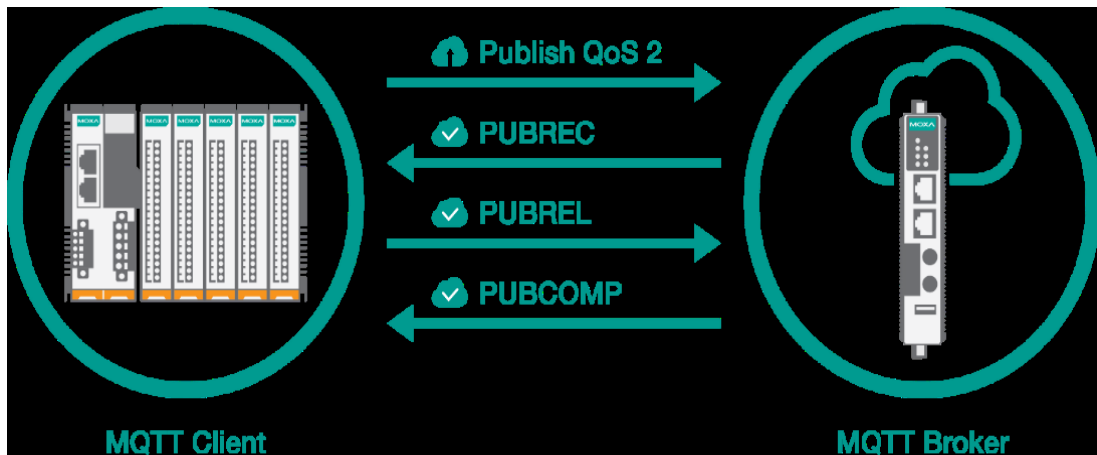
Σε αυτήν την περίπτωση, όταν ένας πελάτης δημοσιεύει ένα μήνυμα στον μεσίτη, ο πελάτης αναμένει από τον μεσίτη να αναγνωρίσει εάν ο πελάτης έχει λάβει ή όχι το μήνυμα. Εάν ο εκδότης δεν λάβει επιβεβαίωση από τον μεσίτη εντός προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος, θα αναδημοσιεύσει το μήνυμα ξανά και ξανά έως ότου ληφθεί επιβεβαίωση. Σε σύγκριση με το QoS 0, το QoS 1 είναι πιο αξιόπιστο, αν και μπορείτε να περιμένετε να είναι πιο αργό με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 2.4 QoS 1

- **QoS 2: ακριβώς μία φορά**

Σε αυτήν την περίπτωση, ο πελάτης και ο μεσίτης ανταλλάσσουν τέσσερα μηνύματα. Ο πελάτης δημοσιεύει πρώτα τα δεδομένα στον μεσίτη και στη συνέχεια ο πελάτης και ο μεσίτης ανταλλάσσουν τρία μηνύματα: PUBREC, PUBREL και PUBCOMP, για να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα παραδίδονται μόνο μία φορά. Το QoS 2 είναι η πιο αξιόπιστη, αν και πιο αργή, πολιτική ποιότητας υπηρεσιών MQTT.



Εικόνα 2.5 QoS 2

Τέλος, για εφαρμογές IoT, τα τέλη επικοινωνίας χρεώνονται με βάση τον αριθμό των πακέτων δεδομένων που μεταδίδονται. Σε σύγκριση με ένα μοτίβο απόκρισης αιτήματος, το MQTT εξοικονομεί χρήματα, επειδή απαιτείται μόνο μονόδρομη επικοινωνία τις περισσότερες φορές για την ολοκλήρωση της μετάδοσης δεδομένων.

Κεφάλαιο 3. Υλοποίηση εφαρμογής

3.1. Περιγραφή υλοποίησης Publisher

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δείξουμε τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κανείς για να δημιουργήσει ένα Publisher μέσω MQTT Broker με την βοήθεια και τη χρήση του NI-Daqmx.. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.1, το NI-Daqmx βρίσκεται διαθέσιμο στον παρακάτω σύνδεσμο:

<https://www.ni.com/en-us/support/downloads/drivers/download.ni-aqmx.html#346240>

NI-DAQmx

NI-DAQmx provides support for customers using NI data acquisition and signal conditioning devices.
[+ Read More](#)

Note: Install programming environments such as NI LabVIEW or Microsoft Visual Studio® before installing this product.

DOWNLOADS

Supported OS [ⓘ] Windows [View Readme](#)

Version [ⓘ] 20.0

Included Editions [ⓘ] Full

Application Bitness [ⓘ] 32-bit & 64-bit

Language [ⓘ] English, French, German, Japanese, Korean, Simplified Chinese

NI-DAQmx 20.0

Release Date
5/15/20

Included Versions
20.0.0

> Supported OS

> Language

> Checksum

DOWNLOAD

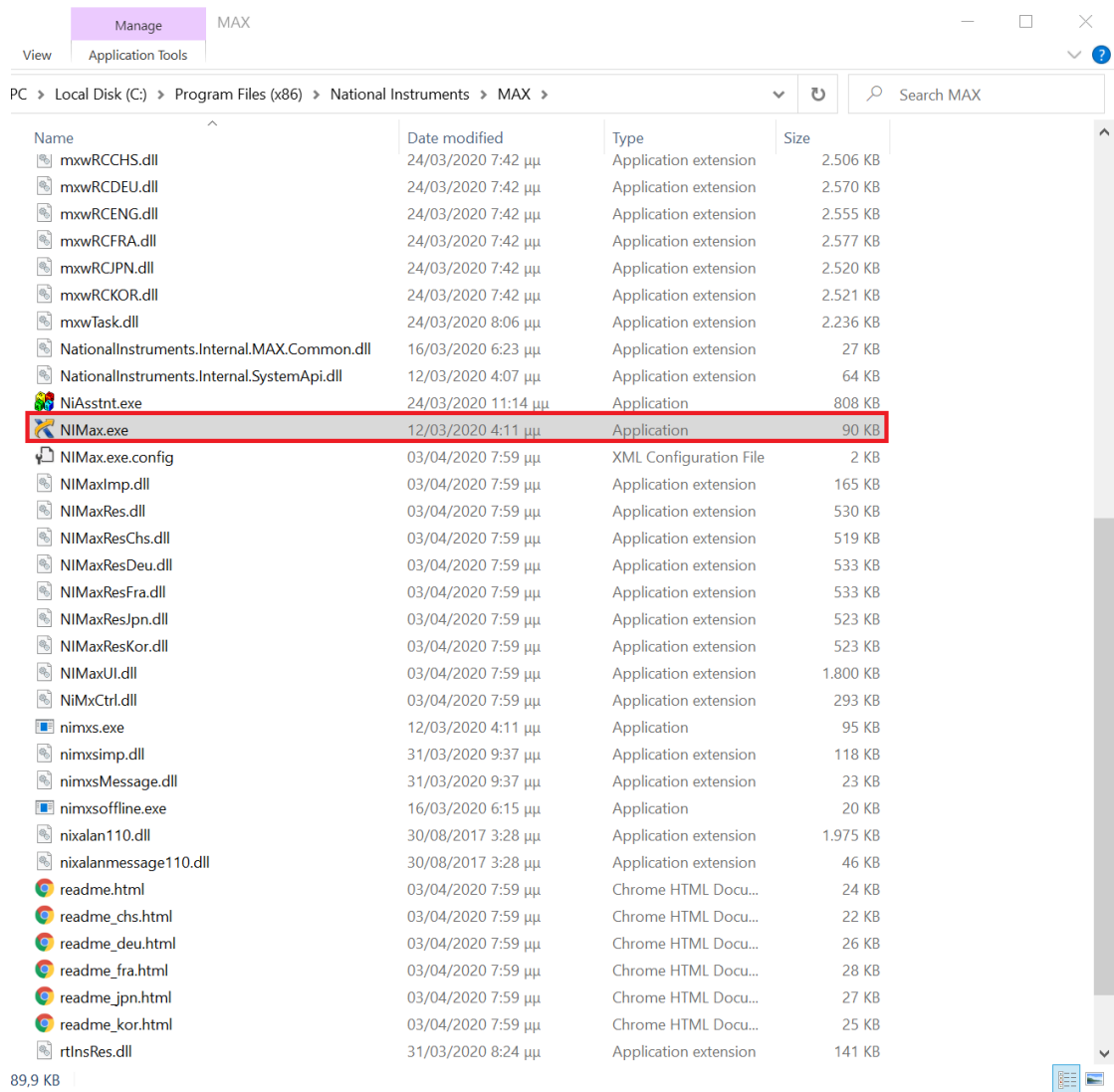
File Size
5.37 MB

Note: If you need to download individual versions or patches, you can select from Individual Offline Installers

Εικόνα 3.1 Driver 20.0 NI-Daqmx

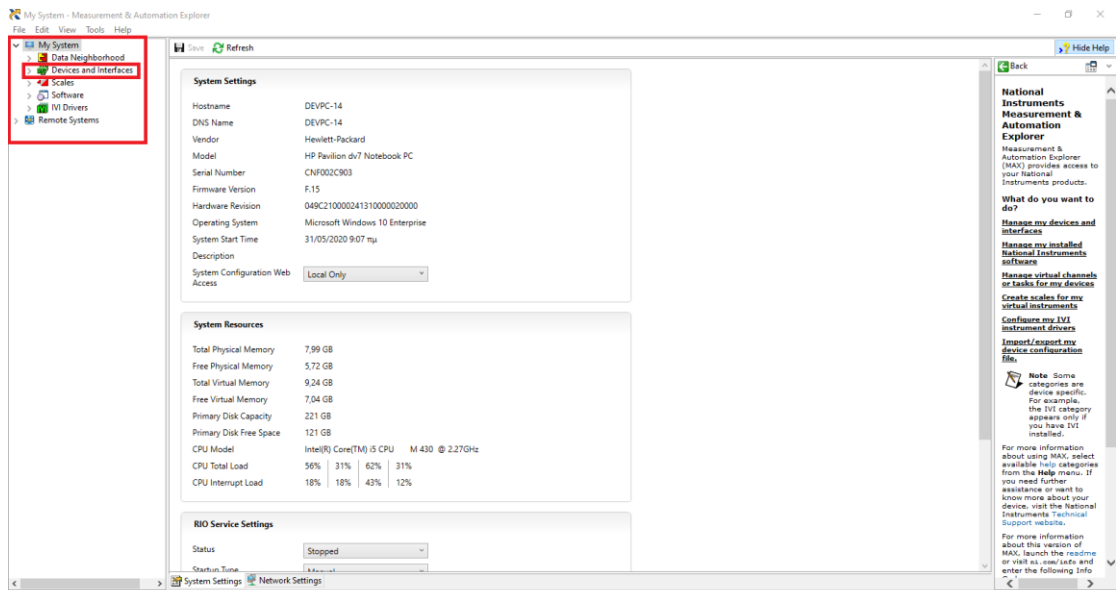
Το NI-DAQmx όχι μόνο παρέχει στους προγραμματιστές συστημάτων DAQ ένα πρόγραμμα οδήγησης υψηλής απόδοσης, αλλά περιλαμβάνει επίσης πολλές υπηρεσίες μέτρησης που έχουν σχεδιαστεί για να αυξήσουν την παραγωγικότητα. Μία από τις νεότερες και πιο συναρπαστικές υπηρεσίες μέτρησης που προστέθηκαν στο NI-DAQmx είναι συσκευές προσομοίωσης NI-DAQmx. Μια προσομοιωμένη συσκευή NI-DAQmx είναι ένα αντίγραφο μιας συσκευής που δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας την επιλογή προσομοίωσης συσκευής NI-DAQmx. Μια προσομοιωμένη συσκευή NI-DAQmx συμπεριφέρεται παρόμοια με μια πραγματική συσκευή. Το πρόγραμμα οδήγησης έχει φορτωθεί και τα προγράμματα που το χρησιμοποιούν είναι πλήρως επαληθευμένα. Για να εγκαταστήσετε μία εικονική συσκευή πρέπει να ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα:

- 1) Αφού εγκαταστήσετε τον Driver μεταβείτε στο ακόλουθο μονοπάτι :
C:\Program files (x86)\National Instruments\MAX\NIMax.exe για να τρέξετε την εφαρμογή NIMax ώστε να μπορείτε να δημιουργήσετε εικονικές συσκευές.



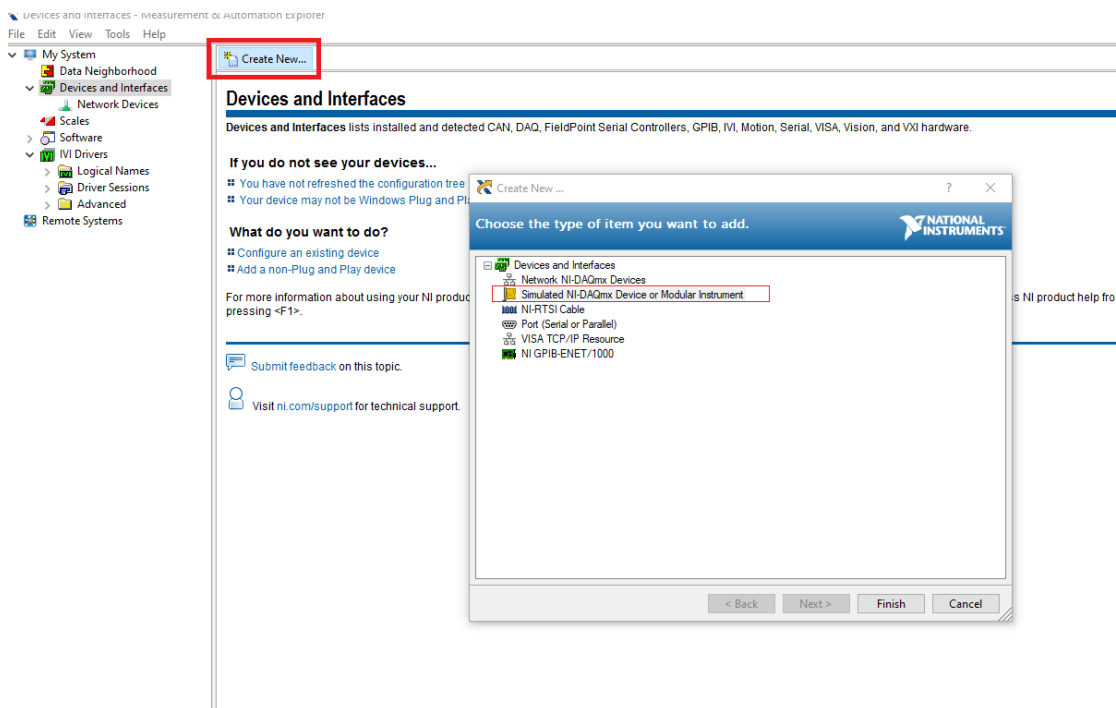
Εικόνα 3.2 Μονοπάτι NIMax

- 2) Στη συνέχεια θα σας ανοίξει μία φόρμα όπου στα αριστερά θα δείτε τις λειτουργίες της εφαρμογής. (Βλέπε εικόνα 3.3)



Εικόνα 3.3 Environment NIMax

- 3) Επιλέγοντας στο *Devices and Interfaces* το κουμπί *Create New* θα δημιουργήσουμε την πρώτη μας εικονική συσκευή. (βλέπε εικόνα 3.4)



Εικόνα 3.4 Create New Simulated Device

- 4) Επιλέγουμε μια εικονική συσκευή, για παράδειγμα την συσκευή NI cDAQ-9171 (βλ Εικόνα 3.5)

Selected Interfaces

Selected Interfaces lists installed and detected CAN, DAQ, FieldPoint Serial Controllers, GPIB, IVI, Motion, Serial, VISA, Vision, and VXI hardware.

See your devices...

Refreshed the configuration tree
May not be Windows Plug and Play compatible

What to do?

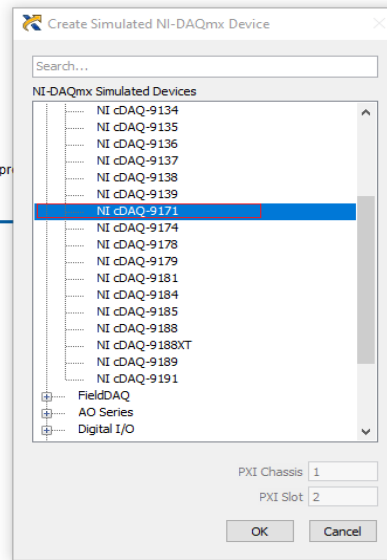
Configure device
Plug and Play device

Information about using your NI product in MAX, refer to your product manual.

You can also access NI product help from the NI website.

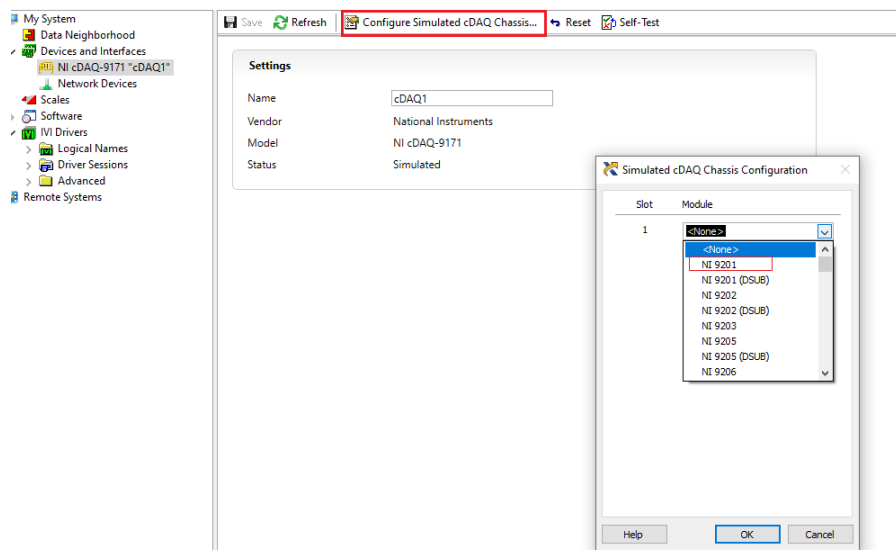
Return to this topic.

Get support for technical support.



Εικόνα 3.5 Επιλέγουμε εικονική συσκευή

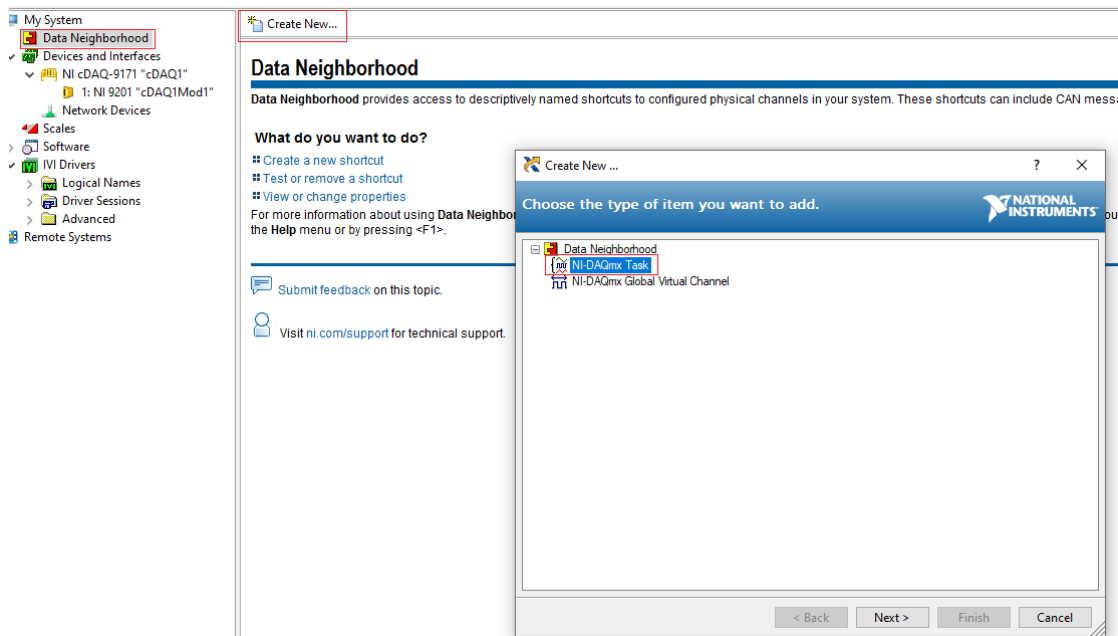
- 5) Στη συνέχεια θα επιλέξετε Configure Simulated cDAQ Chassis... και θα σας ανοίξει το παράθυρο της εικόνας 3.6 όπου επιλέχθηκε ο NI 9201.



Εικόνα 3.6 Επιλέγουμε ρυθμίσεις για την εικονική συσκευή

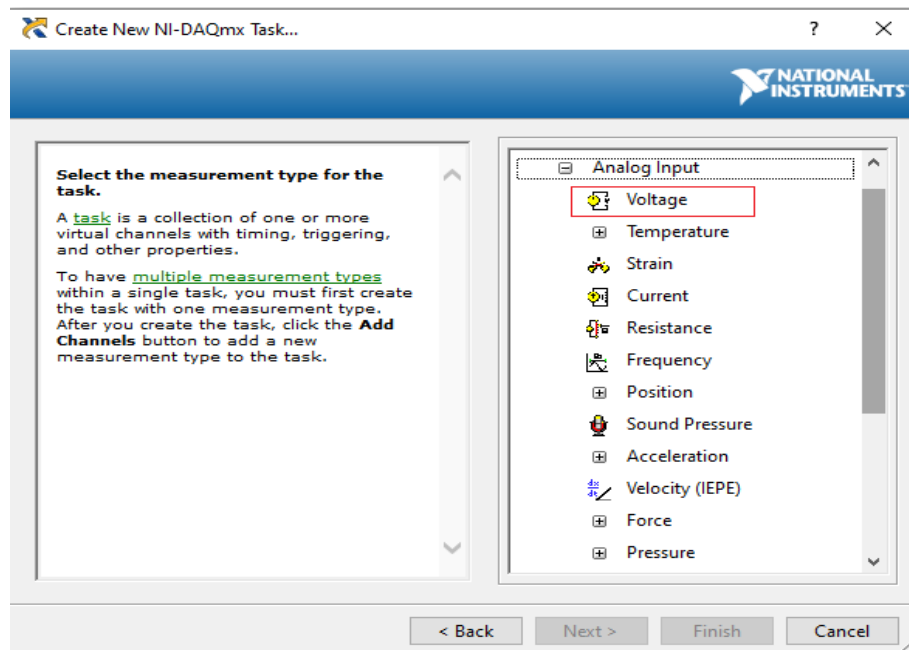
- 6) Αφού ρυθμίσουμε την εικονική συσκευή πάμε να δημιουργήσουμε το πρώτο μας Task. Δηλαδή να πάρουμε διάφορες μετρήσεις όπως Τάση Ρεύματος, Θερμοκρασία, πίεση, επιτάχυνση κτλ... Επιλέγοντας πάνω στο Data

Neighborhood και στην συνέχεια Create New θα δημιουργήσουμε το πρώτο μας Task(βλέπε εικόνα 3.7)



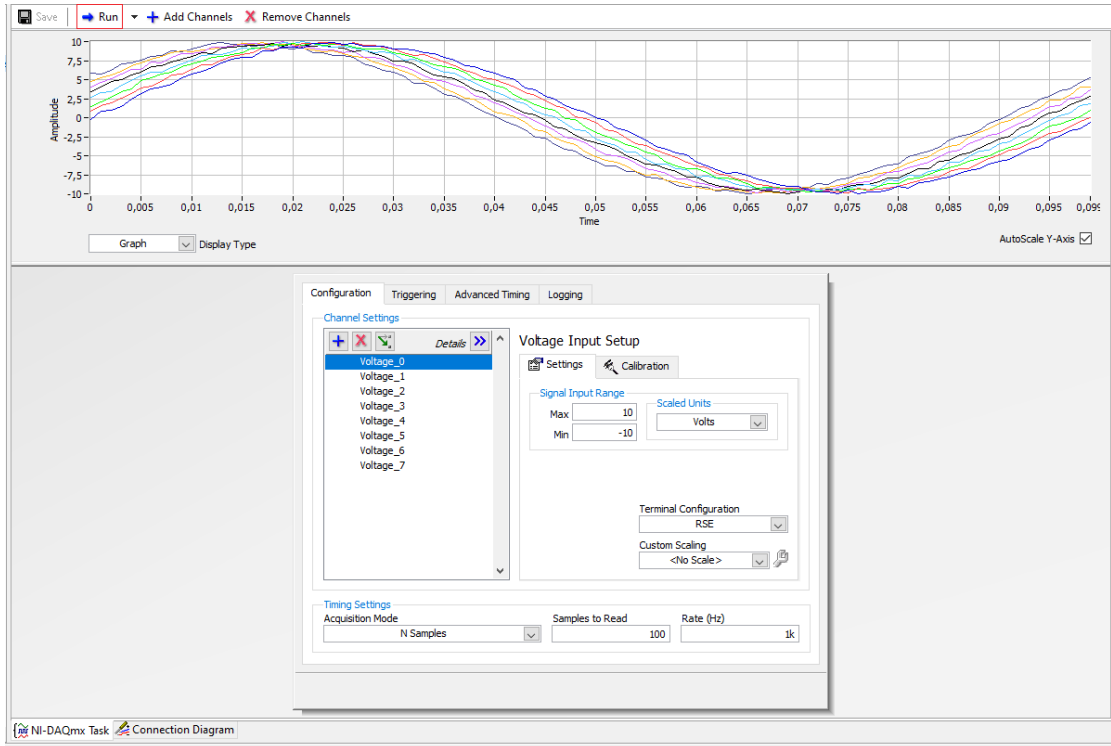
Εικόνα 3.7 Δημιουργία Task

- 7) Επιλέγουμε τον τύπο των μετρήσεων που θέλουμε να παίρνουμε από την συσκευή για παράδειγμα Voltage (βλέπε εικόνα 3.8)



Εικόνα 3.8 Επιλογή μετρήσεων

- 8) Τέλος, αρκεί να τρέξουμε το Task επιλέγοντάς το και πατώντας Run θα μας βγάλει στο παράθυρο τα αποτελέσματα. (βλέπε επόμενη σελίδα εικόνα 3.9)

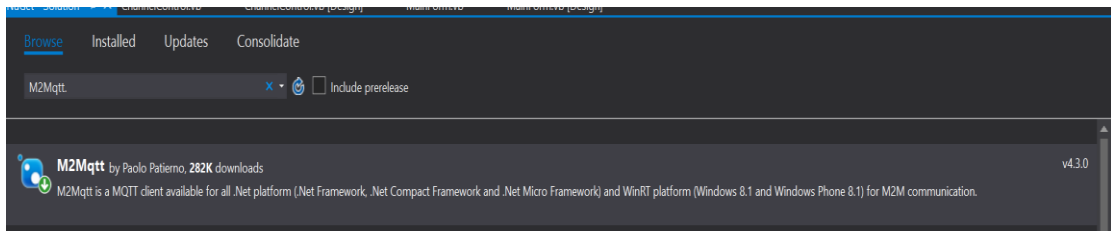


Εικόνα 3.9 Αποτελέσματα μετρήσεων – μετρήσεις για την Τάση Ρεύματος

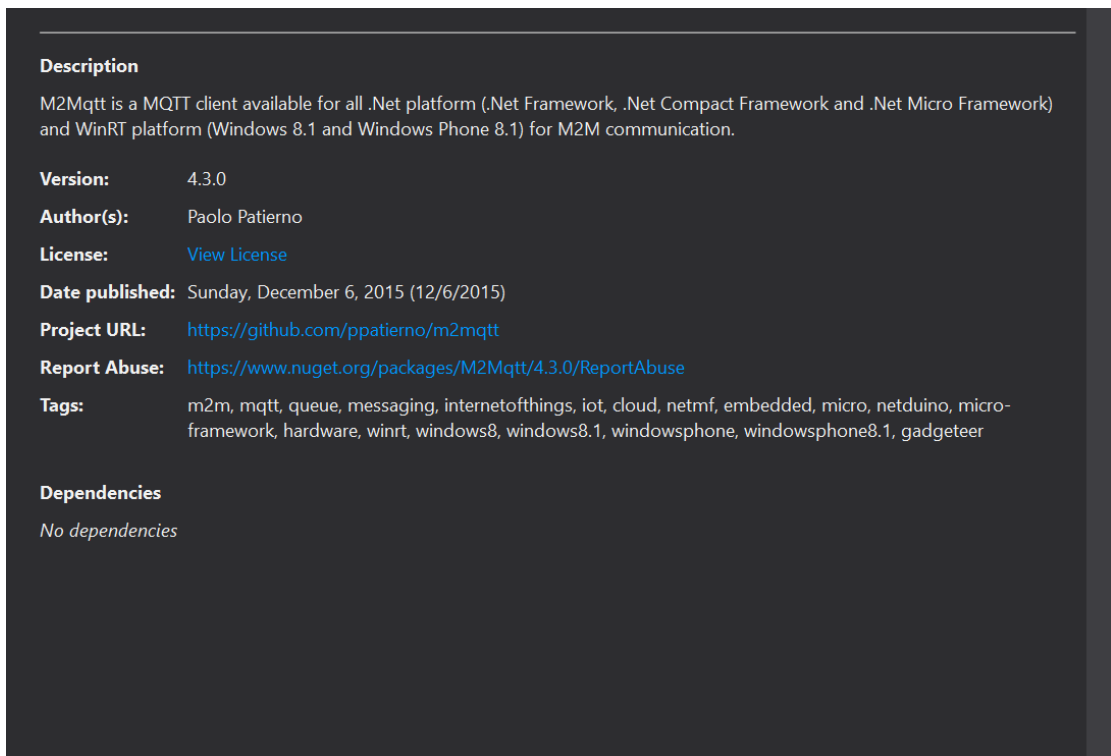
Για γενικές πληροφορίες σχετικά με την δημιουργία μίας εικονικής συσκευής μπορείτε να απευθυνθείτε στο παρακάτω σύνδεσμο: <http://www.ni.com/tutorial/3698/en/>. Αφού καταφέραμε να δημιουργήσουμε μία εικονική συσκευή και να λαμβάνουμε μετρήσεις περιοδικά, μπορούμε πλέον να περάσουμε στο κομμάτι της υλοποίησης του Publisher.

Για την υλοποίηση θα χρειαστούμε τα εξής εργαλεία: Visual Studio , mosquito (MQTT Broker) και κάποιες βιβλιοθήκες από την National Instruments σε περιβάλλον .net. Συγκεκριμένα, επιπλέον, χρειάστηκε να κατεβάσουμε από το Package Manager του Visual Studio την βιβλιοθήκη του M2Mqtt η οποία διατίθεται δωρεάν προς όλους τους προγραμματιστές (βλέπε εικόνα 3.10 και 3.11). Οι βιβλιοθήκες της National Instruments μπορείτε να της βρείτε με την εγκατάσταση του Driver και είναι οι εξής:

NationalInstruments.DAQmx
NationalInstruments.Common

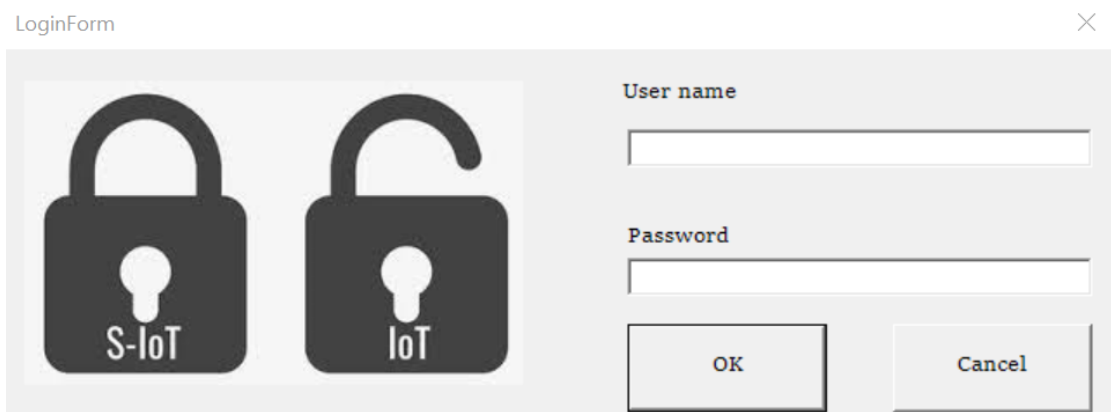


Εικόνα 3.10 Βιβλιοθήκη M2Mqtt



Εικόνα 3.11 M2Mqtt περισσότερες πληροφορίες (β)

Σχετικά με την εφαρμογή που φτιάξαμε ο χρήστης για να εισέλθει στην εφαρμογή πρέπει να γνωρίζει τον κωδικό πρόσβασης. Υπάρχει LoginForm για επιπλέον ασφάλεια (βλέπε εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.12 LoginForm

Υπάρχει η δυνατότητα της εφαρμογής της σύνδεσης με μία βάση δεδομένων ώστε να δημιουργηθούν χρήστες για την εφαρμογή. Για να μπειτε στην εφαρμογή αρκεί να πληκτρολογήσετε Username: 0 και Password: 0 .

Αφού γίνει η πιστοποίηση ο χρήστης θα μπει στην Κυρίως φόρμα της εφαρμογής (βλέπε εικόνα 3.13).

The screenshot shows a software interface for configuring data acquisition. It is divided into several sections:
1. **Channel Parameters:** Includes a dropdown for 'Physical' (set to 'cDAQ1Mod1/a1'), and spinners for 'Minimum Value' (-10,00) and 'Maximum Value' (10,00).
2. **Timing Parameters:** Includes spinners for 'Samples/Channel' (1000) and 'Rate (Hz)' (10000,00).
3. **Logging Parameters:** Includes a text field for 'TDMS File Path'.
4. **MQTT Settings:** Includes fields for 'IP' (127.0.0.1), 'Port' (0), 'Topic' (MachineData/), and a dropdown for 'Mqtt Message' (QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE). It also has fields for 'Username' and 'Password'.
5. **Acquisition Results:** A large empty area at the bottom for displaying data.
6. **Control:** 'Start' and 'Stop' buttons are located in the center of the interface.

Εικόνα 3.13 Publisher MainForm

Στο αριστερό μέρος έχουμε τις παραμέτρους των καναλιών. Η εφαρμογή επικοινωνεί με κάθε συσκευή (Daq) και φέρνει όλα τα κανάλια από όλες τις συσκευές σε μία λίστα Physical. Το όνομα της συσκευής εξαρτάται από την δημιουργία του Task που δείξαμε σε προηγούμενως (βλέπε εικόνα 3.7). Στη συνέχεια μετά ακολουθεί το όνομα του καναλιού. Αφού επιλέξουμε συσκευή – κανάλι συμπληρώνουμε το Minimum και το Maximum Value του καναλιού που παρακολουθούμε. Τέλος , συμπληρώνουμε τα δείγματα ανά κανάλι και την συχνότητα που θα διαβάζουμε την Τάση του Ρεύματος. Προαιρετικά μπορούμε να συμπληρώσουμε ένα TDMS file Path όπου γίνεται export τα Logs της επικοινωνίας. Τέλος, στο κάτω μέρος στο Acquisition Results αποθηκεύονται προσωρινά όλες οι μετρήσεις που παίρνουμε από κάθε συσκευή (βλέπε εικόνα 3.14). Στην παρακάτω εικόνα 3.14 θα δείτε ένα στιγμιότυπο των αποτελεσμάτων της εικονικής συσκευής Cdaq1Mod1 στο κανάλι a1.

Tdms Continuous Acquisition of Voltage Samples - Internal ClockStart Publishing - Topic: MachineData/Start Publishing - To...

Device 0

<p>Channel Parameters</p> <p>Physical: <input type="text" value="cDAQ1Mod1/ai"/></p> <p>Minimum Value: <input type="text" value="-10,00"/></p> <p>Maximum Value: <input type="text" value="10,00"/></p> <p>Timing Parameters</p> <p>Samples/Channel: <input type="text" value="1000"/></p> <p>Rate (Hz): <input type="text" value="10000,00"/></p> <p>Logging Parameters</p> <p>TDMS File Path: <input type="text"/></p>	<p>Start</p> <p>Stop</p>	<p>MQTT Settings</p> <p>IP: <input type="text" value="127.0.0.1"/> Port: <input type="text" value="0"/></p> <p>Topic: <input type="text" value="MachineData/"/></p> <p>Mqtt Message: <input type="text" value="QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE"/></p> <p>Username: <input type="text"/></p> <p>Password: <input type="text"/></p>
---	--------------------------	---

Acquisition Results

	cDAQ1Mod1/ai0
▶	5,71428571428571
	5,71916971916972
	5,8021978021978
	5,81684981684982
	5,60683760683761
	5,64102564102564
	5,90476190476191
	5,56288156288156
	5,57264957264957

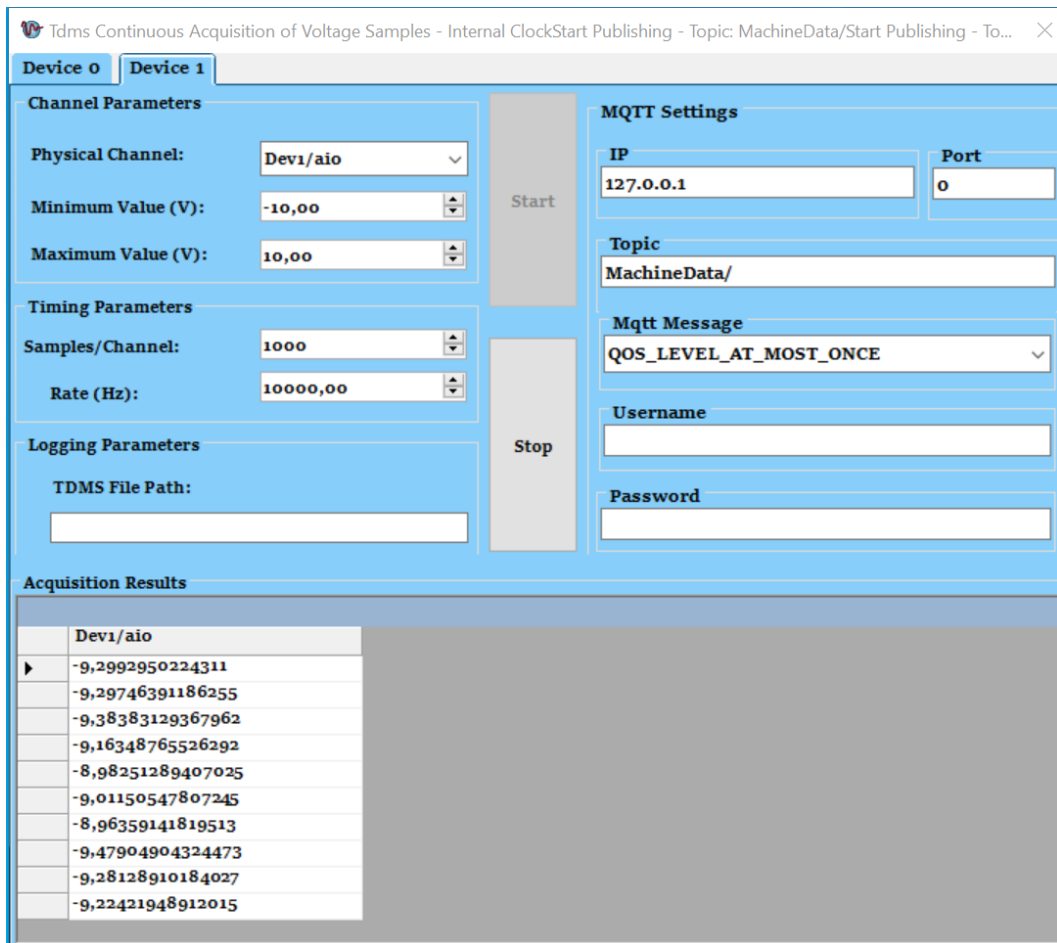
Εικόνα 3.14 Run a Device

Στο δεξιό μέρος έχουμε τις παραμέτρους για την επικοινωνία μέσω του MQTT broker. Στην εικόνα 3.13 ή 3.14 βλέπουμε ότι πρέπει να συμπληρώσουμε τα εξής την IP που θα στέλνουμε τα αποτελέσματα καθώς και την πόρτα επικοινωνίας. Επίσης, υποχρεωτικά πρέπει να έχουμε κάποιο Topic – θέμα που θα στέλνονται. Επιπλέον, πρέπει να επιλέξουμε πόσα αποτελέσματα θα στέλνουμε την φορά. Τέλος, προαιρετικά για λόγους ασφαλείας μέσω του Mqtt broker υπάρχει και η δυνατότητα Authentication με Username και Password για όσα συστήματα την χρειάζονται.

Επιπλέον λειτουργίες της εφαρμογής είναι η δυνατότητα επικοινωνίας με πολλές συσκευές παράλληλα. Για να προσθέσεις πολλές συσκευές αρκεί να πατήσει ο χρήστης διπλό κλικ πάνω στο Header του Tab Device 0 και θα δημιουργηθεί ένα Tab με ακριβώς τα ίδια στοιχεία (βλέπε εικόνα 3.15) την Device 1 με κόκκινο περίγραμμα.

Εικόνα 3.15 Create a Device

Έχουμε την δυνατότητα να δημιουργήσουμε η συσκευές όσες και το μέχρι να μείνει από πόρους το μηχάνημα – ο υπολογιστής μας. Επίσης, αφού δημιουργήσουμε πολλές συσκευές μπορούν να τρέχουν παράλληλα και να αποθηκεύονται προσωρινά αποτελέσματα για κάθε συσκευή και μέσω Mqtt broker να στέλνονται σε διαφορετικές συσκευές ή και σε διαφορετικούς χρήστες (βλέπε εικόνα 3.16). Με γαλάζιο χρώμα φαίνονται οι συσκευές που τρέχουν αυτή την στιγμή.



Εικόνα 3.16 Run many devices

Πατώντας πάνω στα κουμπιά Start και Stop μπορούμε να ξεκινήσουμε και να σταματήσουμε αντίστοιχα την επικοινωνία με την συσκευή. Τέλος, όλα τα δεδομένα που παίρνουμε από τις συσκευές (τάση ρεύματος, Θερμοκρασία, φωτεινότητα κτλ) μπορούμε να τα αποθηκεύουμε σε μια βάση δεδομένων ή σε πολλές και διαφορετικές βάσεις δεδομένων όπως θα δούμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο – Subscriber όπου θα περιγράψουμε την υλοποίησή του.

3.2. Περιγραφή του Subscriber

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δείξουμε τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κανείς για να δημιουργήσει ένα Subscriber μέσω MQTT Broker. Για την υλοποίηση θα χρειαστούμε τα εξής εργαλεία: Visual Studio , mosquitto (MQTT Broker) και μία βιβλιοθήκη (M2Mqtt) όπου μπορεί κανείς να την κατεβάσει δωρεάν από το Package Manager του Visual Studio (βλέπε εικόνα 3.10 και 3.11).

Σχετικά με την εφαρμογή που φτιάξαμε ο χρήστης για να εισέλθει στην εφαρμογή πρέπει να γνωρίζει τον κωδικό πρόσβασης. Υπάρχει LoginForm για επιπλέον ασφάλεια (βλέπε εικόνα 3.12). Υπάρχει η δυνατότητα της εφαρμογής της σύνδεσης

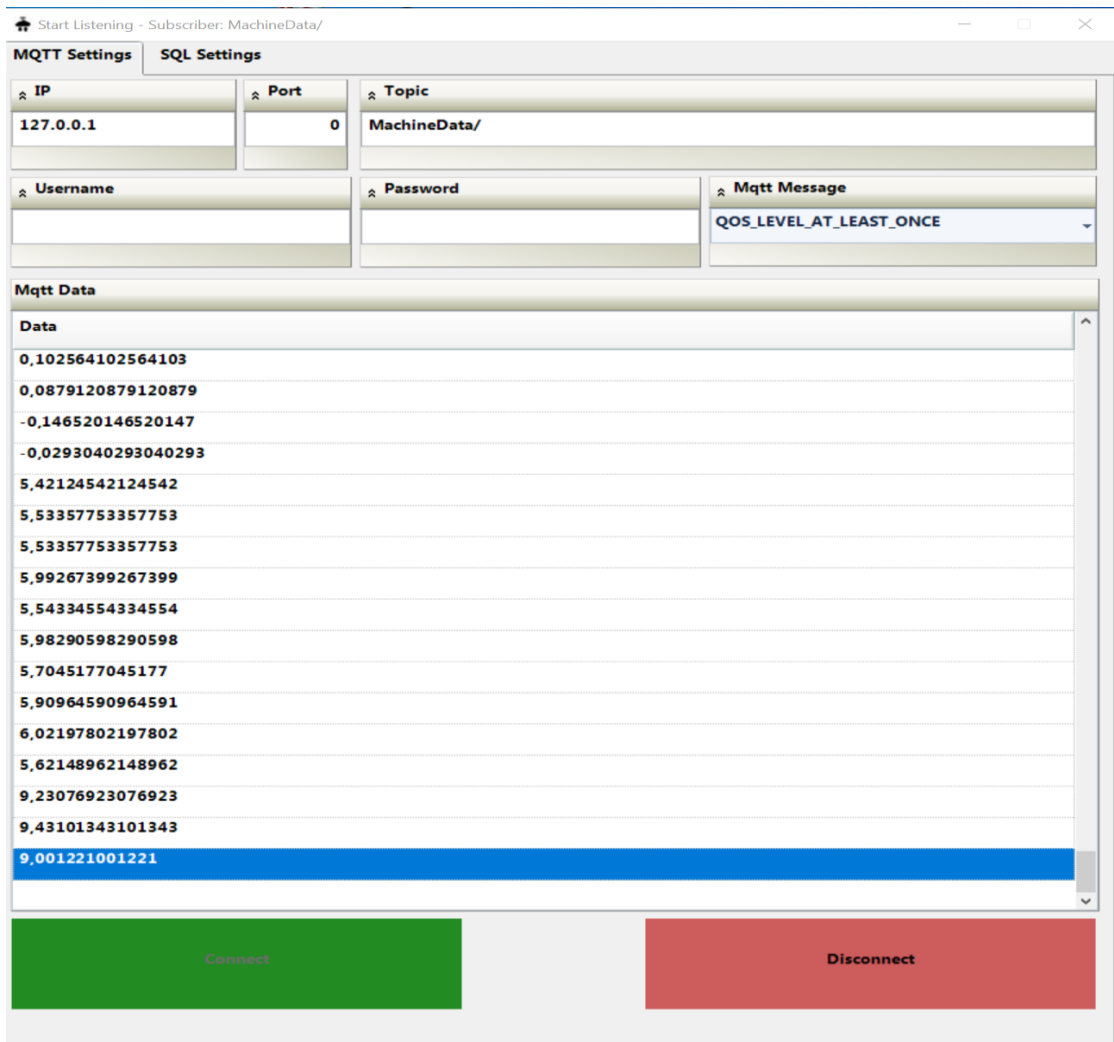
με μία βάση δεδομένων ώστε να δημιουργηθούν χρήστες για την εφαρμογή. Για να μπείτε στην εφαρμογή αρκεί να πληκτρολογήσετε Username: 0 και Password: 0 . Αφού γίνει η πιστοποίηση ο χρήστης θα μπει στην Κυρίως φόρμα της εφαρμογής (βλέπε εικόνα 3.17).

The screenshot shows a web application window titled "Mqtt Broker". It has two tabs: "MQTT Settings" (active) and "SQL Settings". The "MQTT Settings" tab contains several input fields: "IP" with the value "127.0.0.1", "Port" with the value "0", "Topic" with the value "MachineData/", "Username" (empty), "Password" (empty), and "Mqtt Message" with a dropdown menu showing "QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE". Below these fields is a section titled "Mqtt Data" containing a large empty grid labeled "Data". At the bottom of the window, there are two buttons: a green "Connect" button and a red "Disconnect" button.

Εικόνα 3.17 Subscriber MainForm

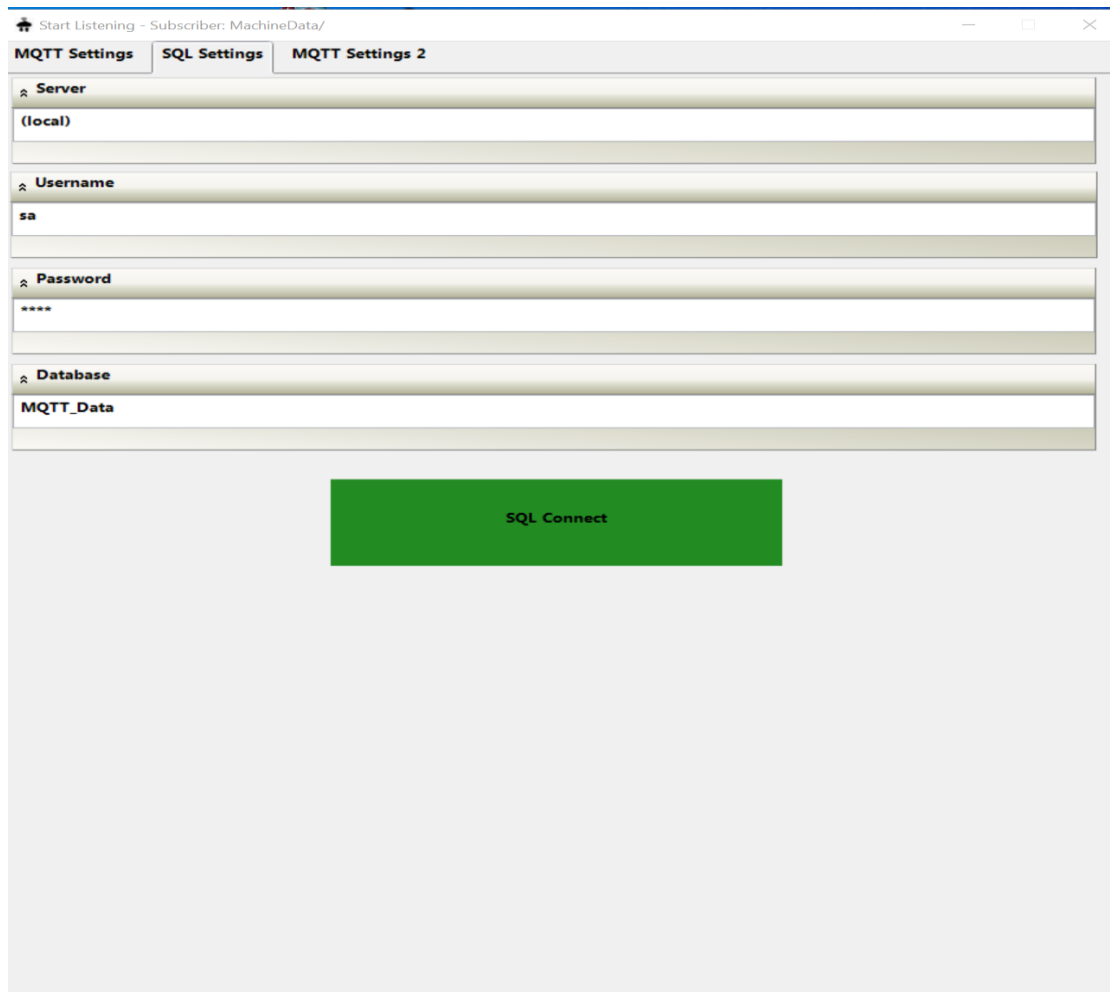
Όπως βλέπουμε στην παραπάνω εικόνα ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει από πού θα λαμβάνει δεδομένα με βάση την IP, την Port , το Topic και πόσα δεδομένα - Mqtt Message θα αποθηκεύει. Τα δεδομένα αποθηκεύονται προσωρινά από κάτω στο Grid με το όνομα Data. Επίσης, υπάρχει και η δυνατότητα επικοινωνίας με Username και Password (Authentication) για μεγαλύτερη ασφάλεια.

Πατώντας πάνω στα κουμπιά Connect με πράσινο χρώμα και Disconnect με κόκκινο χρώμα μπορούμε να ξεκινήσουμε και να σταματήσουμε αντίστοιχα την επικοινωνία με την συσκευή. Στην εικόνα 3.18 βλέπουμε ένα παράδειγμα όπου παίρνουμε δεδομένα από μία εικονική συσκευή τοπικά.



Εικόνα 3.18 Subscriber Get Data from a Device locally

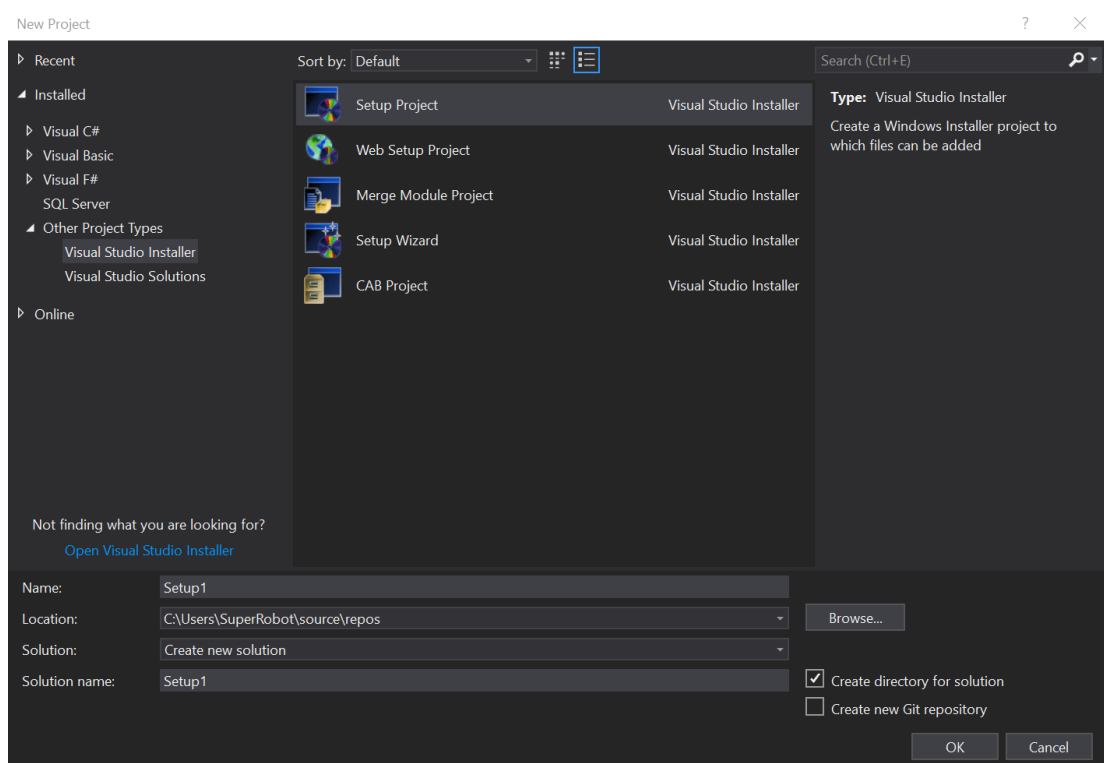
Τέλος , ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις ρυθμίσεις του SQL για να αποθηκεύει τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων (βλέπε εικόνα 3.19). Υποχρεωτικά πεδία Server name , Username , Password καθώς και το όνομα της βάσης.



Εικόνα 3.19 Sql Settings

3.3. Υλοποίηση ολοκληρωμένου συστήματος

Στο κεφάλαιο αυτό θα δείξουμε πως ενώσαμε τις εφαρμογές Publisher – Subscriber και θα γίνει αναφορά στην εγκατάσταση των εφαρμογών καθώς επίσης και σε παρουσίαση του κώδικα και των δύο εφαρμογών. Για την εγκατάσταση των εφαρμογών και την δημιουργία ενός Setup χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε τον Visual Studio Installer βλέπε εικόνα 3.20 ο οποίος παρέχεται πλέον με την εγκατάσταση του Visual Studio 2019. Για πληροφορίες σχετικά με την δημιουργία Setup στο Visual Studio μπορείτε να βρείτε πληροφορίες στο παρακάτω σύνδεσμο: <https://www.technical-recipes.com/2011/how-to-create-an-installer-in-microsoft-visual-studio/>.



Εικόνα 3.20 Visual Studio Installer

Το μόνο που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι για την δημιουργία του Setup έπρεπε να ενσωματώσουμε και τα δύο Projects(Publisher-Subscriber) από το Project Output .

IOT_Mqtt_Setup.msi	07/06/2020 11:32 πμ	Windows Installer Pa...	5.113 KB
setup.exe	07/06/2020 11:32 πμ	Application	772 KB

Εικόνα 3.21 Windows Setup

Το Setup που δημιουργήθηκε (βλέπε εικόνα 3.21) τρέχει σε λειτουργικό σύστημα Windows και τρέχει σε 64bit έκδοση του λειτουργικού συστήματος. Στο Setup συμπεριλαμβάνονται όλα τα Components και των δύο εφαρμογών Publisher και Subscriber. Ο λόγος που τα εγκαθιστούμε σε ένα Setup είναι ότι η μία εφαρμογή έχει χρησιμότητα μόνο εάν υπάρχει και η άλλη. Ο ένας θα τραβάει τα δεδομένα από την συσκευή και θα τα εκπέμπει μέσω Mqtt broker στο Δίκτυο στην άλλη εφαρμογή που θα τα τραβάει και θα τα αποθηκεύει σε μία βάση δεδομένων.

Στο παρακάτω link μπορείτε να κατεβάσετε την καινούργια έκδοση της εφαρμογής από το Dropbox:

https://www.dropbox.com/s/hnq6l5e19bafwpp/IOT_MQTT_Setup.zip?dl=0

Αφού κατεβάσετε και εγκαταστήσετε την εφαρμογή θα δημιουργηθούν δύο Shortcuts στην επιφάνεια εργασίας σας. Το πρώτο είναι ο Publisher και το δεύτερο είναι ο Subscriber βλέπε εικόνα 3.22.

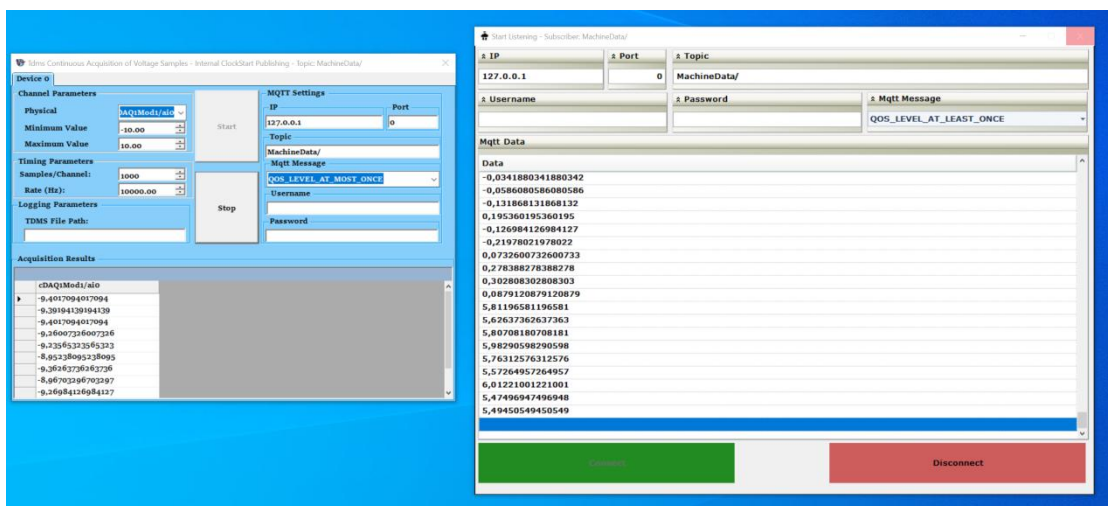


Εικόνα 3.22 Windows Setup

Πατώντας διπλό κλικ σε κάθε εφαρμογή θα σας ανοίξει το Login View των εφαρμογών βλέπε Εικόνα 3.12 του προηγούμενου κεφαλαίου. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο κεφάλαιο 3.2.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζουμε με την σειρά τον κώδικα και των δύο εφαρμογών. Η κάθε Sub ή Function που δημιουργήθηκε με το όνομά της υποδηλώνεται το τι λειτουργία κάνει.

Στην παρακάτω εικόνα 3.22 βλέπουμε ένα συνδυασμό και των δύο εφαρμογών στον ίδιο υπολογιστή τοπικά να παίρνουν , να στέλνουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα - παράλληλα δεδομένα.



Εικόνα 3.22 Combination of Applications

3.4. Αποθήκευση δεδομένων



Εικόνα 3.23 Βάσεις Δεδομένων Συσχετίσεις

Στην επιστήμη της πληροφορικής και στην καθημερινή χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, με τον όρο βάσεις δεδομένων αναφερόμαστε σε οργανωμένες, διακριτές συλλογές σχετιζόμενων δεδομένων ηλεκτρονικά και ψηφιακά αποθηκευμένων, στο λογισμικό που χειρίζεται τέτοιες συλλογές (Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων, ή DBMS) και στο γνωστικό πεδίο που το μελετά. Πέρα από την εγγενή της ικανότητα να αποθηκεύει δεδομένα, η βάση δεδομένων παρέχει μέσω του σχεδιασμού και του τρόπου ιεράρχησης των δεδομένων, τα αποκαλούμενα συστήματα διαχείρισης δεδομένων, δηλαδή τη δυνατότητα γρήγορης άντλησης και ανανέωσης των δεδομένων.

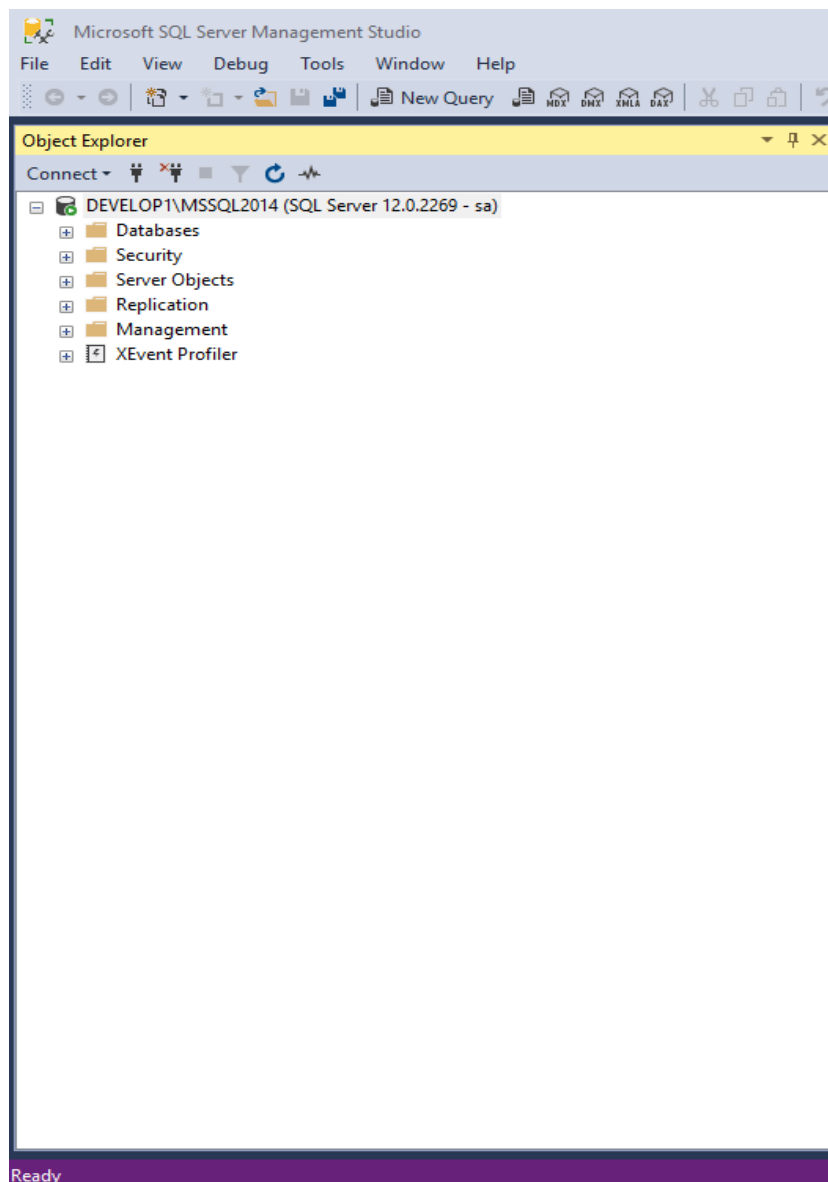
3.4.1. Αποθήκευση σε Microsoft Sql Server



Εικόνα 3.24 Λογότυπο SQL Server

Ο SQL Server είναι μία σχεσιακή βάση δεδομένων η οποία αναπτύσσεται από την Microsoft. Η κεντρική βάση δεδομένων του SQL υποστηρίζει διαφορετικούς τύπους, συμπεριλαμβανομένων των ακεραίων αριθμών, αριθμών κινητής υποδιαστολής,

δεκαδικών, αλφαριθμητικών, Varchar (σειρές χαρακτήρων μεταβλητού μήκους), δυαδικών αριθμών (για τα μη δομημένα δεδομένα), κειμένων (για κείμενα). Επιτρέπει επίσης καθορισμένους από το χρήστη σύνθετους τύπους δεδομένων (UDTs), δηλαδή τύπους που βασίζονται στους βασικούς τύπους αλλά μπορούν να τροποποιηθούν. Τα στοιχεία στη βάση δεδομένων αποθηκεύονται σε ένα (ή περισσότερα) αρχεία με επέκταση .mdf. Τα δευτεροβάθμια στοιχεία αποθηκεύονται στο αρχείο με επέκταση .ndf. Το αρχείο καταγραφής το οποίο περιέχει όλες τις πρόσφατες αλλαγές στη βάση δεδομένων αποθηκεύεται σε αρχείο με επέκταση .ldf. Ο χώρος αποθήκευσης που διατίθεται σε μια βάση δεδομένων διαιρείται σε διαδοχικά αριθμημένες σελίδες, κάθε μία από τις οποίες έχει μέγεθος 8 KB.



Εικόνα 3.25 Περιβάλλον Διαχείρισης Databases SQL Server

Η Microsoft έχει δημιουργήσει εφαρμογές για την διαχείριση των βάσεων δεδομένων όπως φαίνεται στην προηγούμενη εικόνα. Έχει βγάλει αρκετές εκδόσεις του SQL Server και αυτό δείχνει ότι όσο περνάει ο καιρός ο SQL Server γίνεται όλο και

καλύτερος και εύκολος στην χρήση του. Το περιβάλλον διαχείρισης μέχρι και την έκδοση 2019 είναι σε μορφή δέντρου. Μέσα από αυτό μπορείς να αντλήσεις πολλά δεδομένα από τους πίνακες που βρίσκονται κάτω από τις Databases και έχεις την δυνατότητα αποθήκευσής τους σε ένα excel. Μπορείς χρησιμοποιώντας SQL Queries να βγάλεις με εύκολο τρόπο την πληροφορία που θέλεις στο τερματικό του SQL Server Management Studio. Όποιος ενδιαφέρεται για να το κατεβάσει κάποιες εκδόσεις π.χ. Microsoft Sql Server 2008 R2 RTM, Microsoft Sql Server 2016 with SP2 Exress Edition είναι δωρεάν στην σελίδα:

https://download.microsoft.com/download/4/1/A/41AD6EDE-9794-44E3-B3D5-A1AF62CD7A6F/sql16_sp2_dlc/en-us/SQLEXPRESS_x64_ENU.exe

Επιπλέον έχεις την δυνατότητα να δημιουργήσεις σε γραφικό περιβάλλον τις σχέσεις μεταξύ των πινάκων. Μπορείς να δημιουργήσεις Functions και Procedures που θα καλεί η εφαρμογή σου για την σωστή εμφάνιση και διαχείριση των δεδομένων σου. Τέλος υπάρχει εφαρμογή για να διαχειρίζεσαι το service του SQL. Έχεις την δυνατότητα να επιλέξεις ποια πόρτα θες να ακούει και αν θες να έχουν πρόσβαση και άλλοι clients δηλαδή να μην έχει πρόσβαση στην Βάση Δεδομένων μόνο ο Κεντρικός – Server.

Κεφάλαιο 4. Ανάλυση επίδοσης συστήματος

4.1. Αντληση δεδομένων - Αποτελέσματα

Πήραμε πολλές μετρήσεις για να αποδείξουμε ότι ο χρόνος που τα δεδομένα αποθηκεύονται στην βάση εξαρτάται από τον αριθμό των δειγμάτων (Samples) και την συχνότητα. Στα πρώτα τρία πινακάκια έχουμε μετρήσεις βάσει των δειγμάτων Samples / Channel και της συχνότητας Rate(hz) για να δούμε πόσο αργά η επικοινωνία μέχρι τα δεδομένα να αποθηκευτούν στην βάση από μέτρηση σε μέτρηση. Τα αποτελέσματα τα πήραμε τοπικά από Simulation Device οπότε θεωρούμε μηδενική την καθυστέρηση μεταξύ της συσκευής και του υπολογιστή.

Χρησιμοποιήσαμε την συνάρτηση AVG του Sql και μετατρέψαμε την Ημερομηνία που έγινε Αποθήκευση (Store) στην βάση στον αντίστοιχο χρόνο και με την διαφορά τους από την επόμενη μέτρηση η οποία έβγαине καθυστέρηση περίπου στα 48 milliseconds.

GO

```
ALTER FUNCTION [dbo].[GetDateFromRowId](@id int)
```

```
RETURNS DATE
```

```
AS
```

```
BEGIN
```

```
RETURN (SELECT DATA_DATE from VOLTAGE_DATA where id = @id+1)
```

```
END
```

SQL Function που μου επιστρέφει την επόμενη γραμμή από αυτή που βρίσκομαι

SELECT

```
avg(cast(right(cast( CONVERT(VARCHAR(12), DATEADD(MS, DATEDIFF(MS, dbo.GetDateFromRowId(id), [DATA_DATE]), 0), 114) as varchar(12)),2) as integer))
```

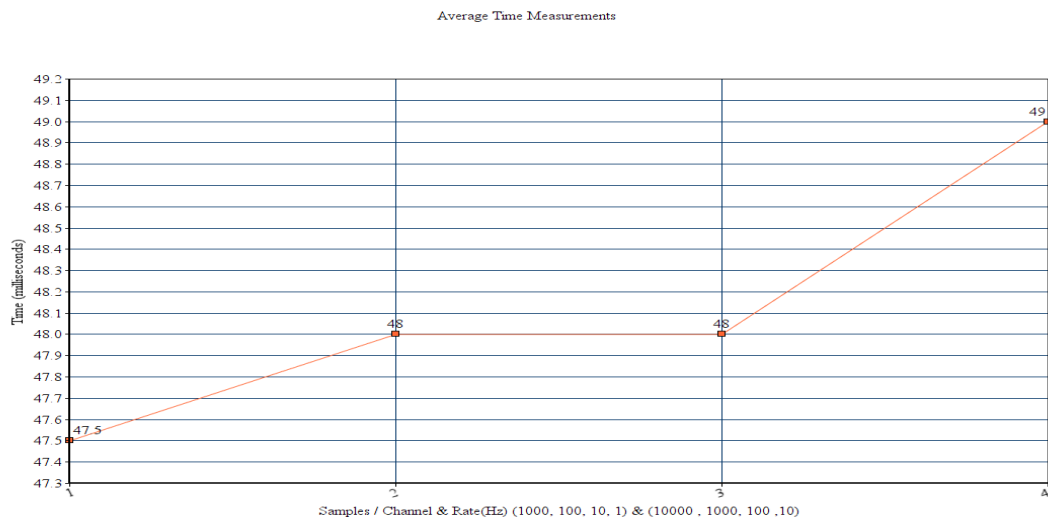
```
FROM [MQTT_DATA].[dbo].[VOLTAGE_DATA]
```

```
where topic = 'MachineData/1000/'
```

SQL Query1

Το topic στην βάση άλλαξε με βάση τα δείγματα (Samples) που παίρναμε ανά συχνότητα. Συγκεκριμένα πήραμε μετρήσεις από MachineData/1000/ , MachineData/100/ και MachineData/10/ όπου οι αριθμοί 1000, 100 και 10 είναι τα δείγματα που παίρναμε από την συσκευή.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι ο μέσος χρόνος καθυστέρησης παραμένει σταθερός παρόλο την αύξηση των δειγμάτων και της αντίστοιχης συχνότητας.



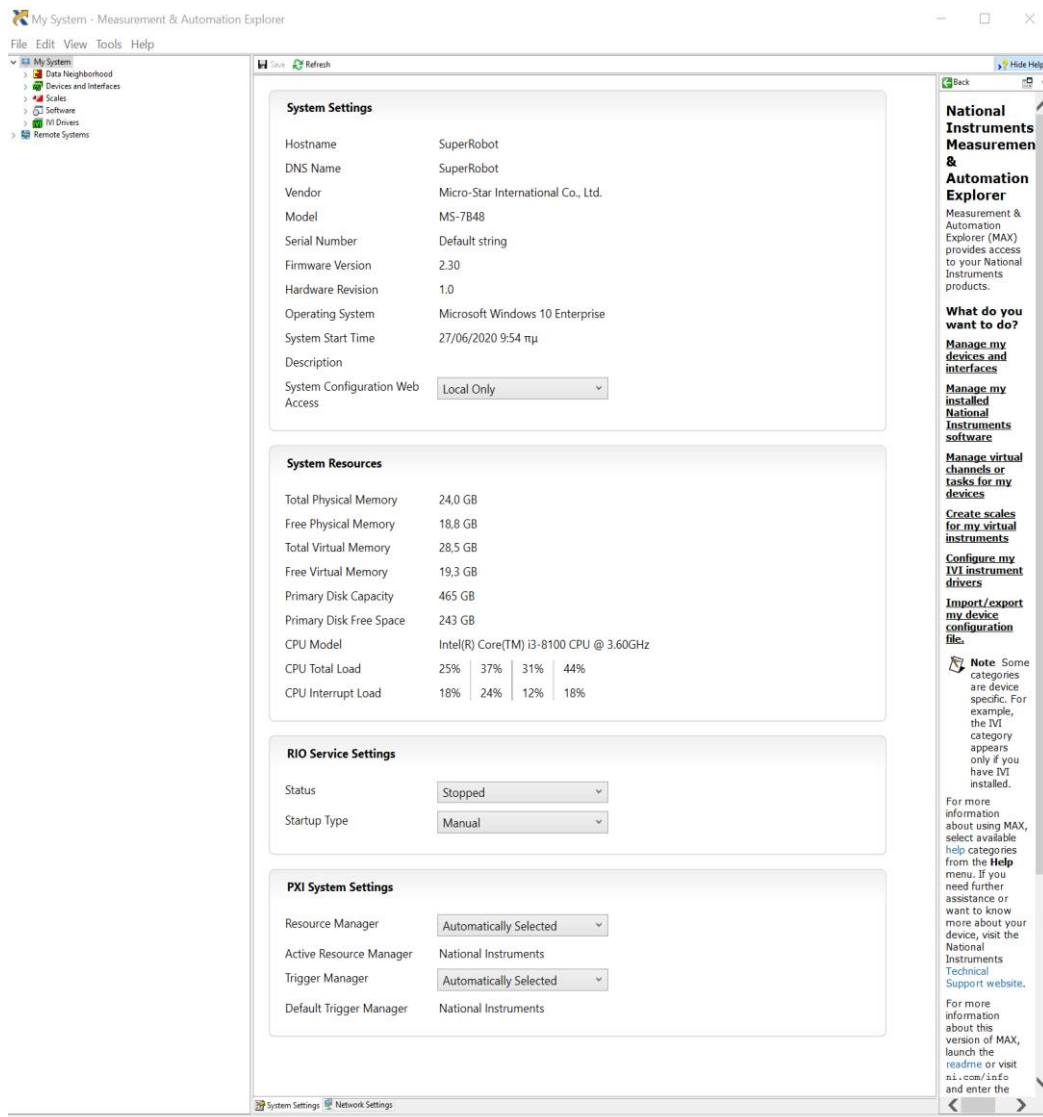
Εικόνα 4.1 Διάγραμμα που δείχνει ότι Μέση Καθυστέρηση μεταξύ δύο μετρήσεων παραμένει σταθερή παρόλο που αυξάνονται τα δείγματα και η συχνότητα

Δείγματα των μετρήσεων μπορείτε να βρείτε στο τέλος του εγγράφου και συγκεκριμένα στο Παράρτημα. Πήραμε τριών ειδών μετρήσεις : (Samples/Rates(Hz)) 1000 Samples / 10000 Hz , 100 Samples / 1000 Hz και 10 Samples / 100 Hz .

4.2. Ανάλυση δεδομένων

Η εφαρμογή έχει κύριο σκοπό να παίρνει μετρήσεις συγκεκριμένα την τάση του ρεύματος από τα κανάλια μίας συσκευής της National Instruments μέσω του Driver NI-DAQmx και τέλος μέσω MQTT πρωτοκόλλου να τα στέλνουμε σε μία βάση δεδομένων χωρίς απαραίτητα να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ της συσκευής και του

Server. Μπορούμε να στέλνουμε και να λαμβάνουμε ταυτόχρονα διαφορετικές μετρήσεις από διαφορετικές συσκευές και να τις αποθηκεύουμε σε μία βάση δεδομένων με διαφορετικό Topic. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι δεν χρειάζονται πολλοί πόροι από τον υπολογιστή ο Publisher χρησιμοποιούσε το 9,6% του επεξεργαστή i3 Intel 8^{ης} γενιάς και 35 MB Ram την ώρα έπαιρνε δεδομένα και τα δημοσίευε μέσω Mqtt. Ο Subscriber ο οποίος λάμβανε τα δεδομένα χρησιμοποίησε το 20-25% του επεξεργαστή όταν λάμβανε και 16MB από την Ram.



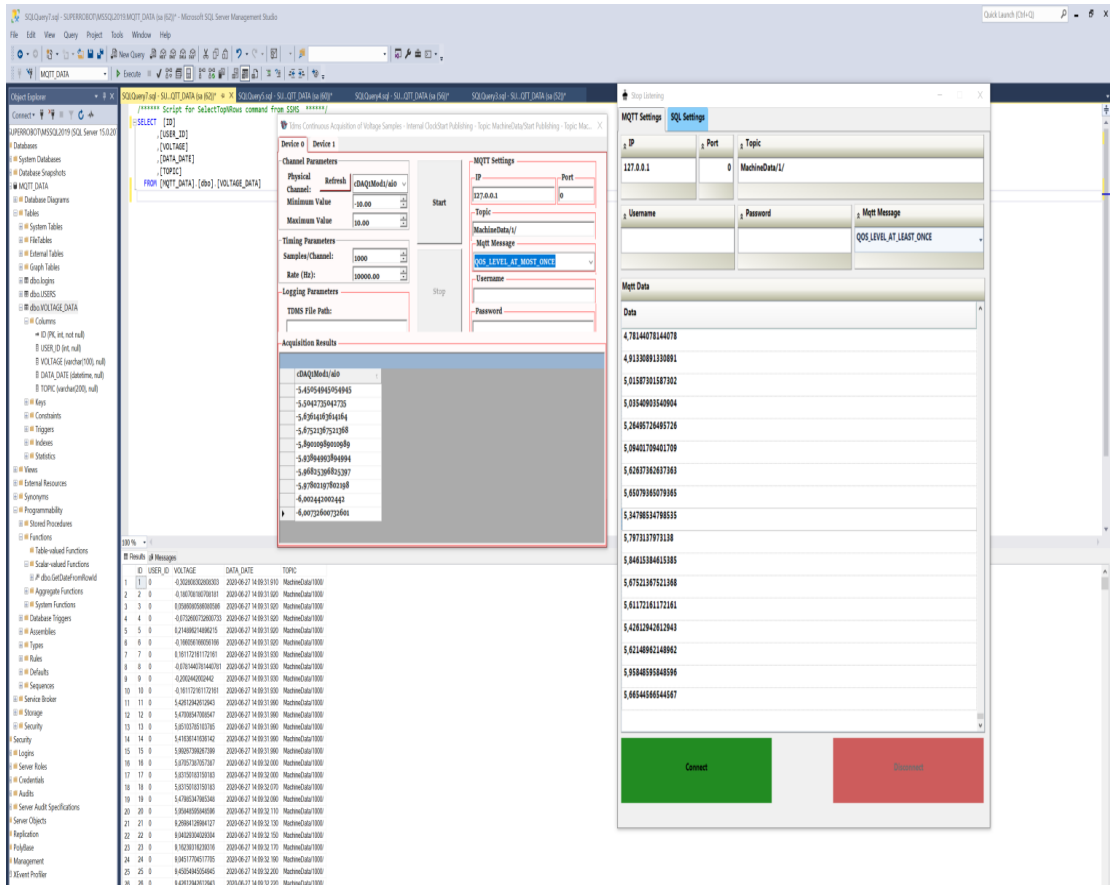
Εικόνα 4.2 Πόροι του υπολογιστή που λήφθηκαν οι μετρήσεις

Υπολογίζοντας των μέσο χρόνο καθυστέρησης των μετρήσεων και για τις 3 περιπτώσεις του κεφαλαίου 4.1 παρατηρήθηκε ότι ο μέσος χρόνος παραμένει σταθερός (Βλέπε εικόνα 4.1). Παρόλο που δεκαπλασιάζουμε τα δείγματα/κανάλι και την συχνότητα που θα τα λάβουμε βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν καθυστερήσεις. Έγιναν δοκιμές αυξάνοντας μόνο την συχνότητα και παρατηρήθηκε ότι δεν μας έφτανε ο σωλήνας (buffer) του συστήματος όταν η συχνότητα ήταν πάνω από 10 φορές μεγαλύτερη από τα δείγματα που θα παίρναμε από την συσκευή ανά κανάλι. Αν κάνουμε την ανάποδη διαδικασία δηλαδή 10πλασιάζουμε τα Samples η

εφαρμογή μας προειδοποιεί για Timeout διότι η συσκευή στέλνει τόσο πολλά Samples με αποτέλεσμα κάποια να χάνονται γιατί δεν προλαβαίνει να τα λαμβάνει. Γενικά όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.2 απαιτούνται ελάχιστοι πόροι στην εποχή μας για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε ένα έξυπνο σύστημα όπου θα λαμβάνει και θα αποθηκεύει πολλά δεδομένα σε ένα τερματικό. Μπορεί πλέον μία επιχείρηση με μικρό κόστος να δημιουργήσει δικές τις εφαρμογές οι οποίες θα είναι συμβατές σε πολλά λειτουργικά συστήματα οι οποίες θα δέχονται βελτιώσεις χωρίς επιπλέον κόστος.

4.3. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις

Παρατηρήσαμε ότι το IIoT πλέον μπορεί να μπει στη ζωή μας με εύκολο και γρήγορο τρόπο και δίχως μεγάλο κόστος. Η εφαρμογή που δημιουργήσαμε μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην Βιομηχανία χωρίς να χρειάζονται να γίνουν αλλαγές σε βασικές δομές και λειτουργίες μιας επιχείρησης. Συγκεκριμένα μπορεί να εκτελείται σε ξεχωριστό κομμάτι μιας επιχείρησης. Επίσης, δεν απαιτείται μεγάλο κόστος πόρων μπορέσαμε να πάρουμε δεδομένα να τα στείλουμε μέσω MQTT και να τα αποθηκεύσουμε σε ένα τερματικό χρησιμοποιώντας ένα μόνο υπολογιστή και γενικά λίγους πόρους. Έχουμε δημιουργήσει ασφάλεια σε δύο μέρη , 1ο στην πιστοποίηση για να εισέλθουμε στην εφαρμογή και 2ο στην πιστοποίηση μέσω MQTT που θα μεταφερθούν τα δεδομένα καθώς και αργότερα στην αποθήκευσή τους σε μία Βάση Δεδομένων. Στο μέλλον θα μπορούσε να τρέχουν πολλές συσκευές παράλληλα από την εφαρμογή παίρνοντας δείγματα και στέλνοντάς τα σε διαφορετικά τερματικά. Επιπλέον, τα δεδομένα μπορούμε να τα στέλνουμε κρυπτογραφημένα μέσω του πρωτοκόλλου SSL ώστε και κάποιος και να παρέμβει στο Δίκτυο να μην μπορεί να αντλήσει τα δεδομένα. Τέλος , στο κομμάτι της ασφάλειας θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε εφαρμογή με πολλούς χρήστες όπου τα στοιχεία θα είναι κρυπτογραφημένα σε μία Βάση Δεδομένων και οι κωδικοί τους θα λήγουν κάθε εξάμηνο όπως είναι και στις τράπεζες. Στην τελευταία Εικόνα 4.3 βλέπουμε όλες τις λειτουργίες να δουλεύουν παράλληλα στον υπολογιστή που έγιναν οι δοκιμές. Το σύστημα το δοκιμάσαμε να τρέχει για μια ολόκληρη μέρα και δεν προέκυψε κανένα πρόβλημα , δεν σταμάτησε ποτέ και συνέχιζε να δουλεύει δίχως απώλειες και συνέχιζε να τα αποθηκεύει με σταθερό ρυθμό στην βάση δεδομένων. Γενικά σε μία βιομηχανική επιχείρηση πλέον η διαχείριση και η λειτουργία της όλο και περισσότερο εξαρτάται από την ίδια και λιγότερο από εξωτερικούς παράγοντες. Θα λέγαμε ότι χάρις τις προηγούμενες τεχνολογίες οι οποίες αναλύθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια αυτής της διπλωματικής εργασίας , δεν χρειάζονται μεγάλες προσπάθειες για να μπορέσει μια βιομηχανική επιχείρηση να συμβαδίσει με την εποχή της.



Εικόνα 4.3 All in One

Την εφαρμογή μπορείτε να την κατεβάσετε από:

https://www.dropbox.com/s/hnq615e19bafwpp/IOT_MQTT_Setup.zip?dl=0

Αναφορές

- [1] <https://en.wikipedia.org/>
- [2] <https://www.ni.com/en-us.html>
- [3] <https://www.microsoft.com/el-gr/>
- [4] <https://visualstudio.microsoft.com/>
- [5] <https://visualstudio.microsoft.com/downloads/>
- [6] <https://www.technical-recipes.com/2011/how-to-create-an-installer-in-microsoft-visual-studio/>
- [7] <https://mosquitto.org/download/>
- [8] <http://mqtt.org/>
- [9] <https://www.mhi.org/media/members/15373/131111777451441650.pdf>
- [10] <https://www.moxa.com/en/>

Κεφάλαιο 5. Παράρτημα

Κώδικας Login Form (είναι ίδιος και για τις δύο εφαρμογές)

```
Public Class LoginForm

    ' TODO: Insert code to perform custom authentication using
    ' the provided username and password
    ' (See https://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=35339).
    ' The custom principal can then be attached to the current
    ' thread's principal as follows:
    '     My.User.CurrentPrincipal = CustomPrincipal
    ' where CustomPrincipal is the IPrincipal implementation
    ' used to perform authentication.
    ' Subsequently, My.User will return identity information
    ' encapsulated in the CustomPrincipal object
    ' such as the username, display name, etc.

    Private Sub OK_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles OK.Click
        If UsernameTextBox.Text = "0" And PasswordTextBox.Text
= "0" Then
            Me.Hide()
            Dim frmMainForm As New MainForm
            frmMainForm.ShowDialog()
            frmMainForm.Dispose()
            Me.Close()

            ElseIf UsernameTextBox.Text = "" Or
PasswordTextBox.Text = "" Then
                MsgBox("Συμπληρώστε Username και Password!!!",
MsgBoxStyle.Information, "Μήνυμα")
            Else
                MsgBox("Λάθος στοιχεία χρήστη!!!",
MsgBoxStyle.Information, "Μήνυμα")
            End If
        End Sub

    Private Sub Cancel_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles Cancel.Click
        Me.Close()
    End Sub

End Class
```


5.1. Πηγαίος κώδικας *publisher*

```
.....  
''''  
'  
' Example program:  
'   TdmsContAcqVoltageSamples_IntClk  
'  
' Category:  
'   AI  
'  
' Description:  
'   This example demonstrates how to acquire a continuous amount while  
'   simultaneously streaming that data to a binary file.  
'  
' Instructions for running:  
'   1. Select the physical channel corresponding to where your signal is  
input  
'       on the DAQ device.  
'   2. Enter the minimum and maximum voltage values.Note: For better  
accuracy,  
'       try to match the input range to the expected voltage level of the  
'       measured signal.  
'   3. Set the rate of the acquisition.Note: The rate should be at least  
twice  
'       as fast as the maximum frequency component of the signal being  
acquired.  
'       Also, in order to avoid Error -50410 (buffer overflow) it is  
important  
'       to make sure the rate and the number of samples to read per  
iteration  
'       are set such that they don't fill the buffer too quickly. If this  
error  
'       occurs, try reducing the rate or increasing the number of samples  
to  
'       read per iteration.  
'   4. Set the file to write to.  
'  
' Steps:  
'   1. Create a new analog input task.  
'   2. Create an analog input voltage channel.  
'   3. Set up the timing for the acquisition. In this example, we use the  
DAQ  
'       device's internal clock to continuously acquire samples.  
'   4. Configure the task to enable TDMS logging.  
'   5. Call AnalogMultiChannelReader.BeginReadWaveform to install a  
callback  
'       and begin the asynchronous read operation.  
'   6. Inside the callback, call AnalogMultiChannelReader.EndReadWaveforme  
to  
'       retrieve the data from the read operation.  
'   7. Call AnalogMultiChannelReader.BeginMemoryOptimizedReadWaveform  
'   8. Dispose the Task object to clean-up any resources associated with  
the  
'       task.  
'   9. Handle any DaqExceptions, if they occur.  
'  
' Note: This example sets SynchronizeCallback to true. If  
SynchronizeCallback  
' is set to false, then you must give special consideration to safely  
dispose
```

```
' the task and to update the UI from the callback. If SynchronizeCallback
is
' set to false, the callback executes on the worker thread and not on the
main
' UI thread. You can only update a UI component on the thread on which it
was
' created. Refer to the How to: Safely Dispose Task When Using
Asynchronous
' Callbacks topic in the NI-DAQmx .NET help for more information.
'
' I/O Connections Overview:
' Make sure your signal input terminals match the physical channel text
box.
' For more information on the input and output terminals for your device,
open
' the NI-DAQmx Help, and refer to the NI-DAQmx Device Terminals and
Device
' Considerations books in the table of contents.
'
' Microsoft Windows Vista User Account Control
' Running certain applications on Microsoft Windows Vista requires
' administrator privileges,
' because the application name contains keywords such as setup, update,
or
' install. To avoid this problem,
' you must add an additional manifest to the application that specifies
the
' privileges required to run
' the application. Some Measurement Studio NI-DAQmx examples for Visual
Studio
' include these keywords.
' Therefore, all examples for Visual Studio are shipped with an
additional
' manifest file that you must
' embed in the example executable. The manifest file is named
' [ExampleName].exe.manifest, where [ExampleName]
' is the NI-provided example name. For information on how to embed the
manifest
' file, refer to http://msdn2.microsoft.com/en-
us/library/bb756929.aspx. Note:
' The manifest file is not provided with examples for Visual Studio .NET
2003.
'
' .....
```

```
Imports NationalInstruments.DAQmx
Imports uPLibrary.Networking.M2Mqtt
Imports uPLibrary.Networking.M2Mqtt.Messages
Imports System.Text
Imports System.Threading
Imports System.Collections.Generic

Public Class MainForm
    Inherits System.Windows.Forms.Form

    Private myTask As Task 'Main Task which is Assigned when the Start
Button is Clicked
    Private runningTask As Task
    Private data As AnalogWaveform(Of Double) ()
    Private analogInReader As AnalogMultiChannelReader
```

```

Private analogCallback As AsyncCallback
Private dataColumn As DataColumn()
Private WithEvents loggingParametersGroupBox As
System.Windows.Forms.GroupBox
Private WithEvents tdmsFilePathTextBox As System.Windows.Forms.TextBox
Private WithEvents TdmsFilePathLabel As System.Windows.Forms.Label
Private dataTable As DataTable = New DataTable
Dim bindingtable As BindingSource = New BindingSource
Public Shared ChannelsName As New List(Of String)
Public Shared WithEvents TabControl As
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabControl
Friend WithEvents UltraTabSharedControlsPage1 As
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabSharedControlsPage
Friend WithEvents UltraTabPageControll1 As
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabPageControl
Friend WithEvents GroupBoxMQTTSettings As GroupBox
Friend WithEvents GroupBox3 As GroupBox
Friend WithEvents txtPassword As TextBox
Friend WithEvents GroupBox2 As GroupBox
Friend WithEvents txtUsername As TextBox
Friend WithEvents GroupBox1 As GroupBox
Friend WithEvents ComboEditorMsg As ComboBox
Friend WithEvents GroupBoxPort As GroupBox
Friend WithEvents txtPort As TextBox
Friend WithEvents GroupBox4 As GroupBox
Friend WithEvents txtTopic As TextBox
Friend WithEvents GroupBoxIP As GroupBox
Friend WithEvents txtIP As TextBox
Friend WithEvents SplitContainer1 As SplitContainer
Dim mqttclient As MqttClient = New MqttClient("127.0.0.1")

```

```
#Region " Windows Form Designer generated code "
```

```

Public Sub New()
MyBase.New()
Application.EnableVisualStyles()
'This call is required by the Windows Form Designer.
InitializeComponent()
stopButton.Enabled = False
analogCallback = New AsyncCallback(AddressOf AnalogInCallback)

acquisitionDataGrid.DataSource = bindingtable

```

```

physicalChannelComboBox.Items.AddRange(DaqSystem.Local.GetPhysicalChannels(
PhysicalChannelTypes.AI, PhysicalChannelAccess.External))
If (physicalChannelComboBox.Items.Count > 0) Then
physicalChannelComboBox.SelectedIndex = 0
End If
End Sub

```

```

'Form overrides dispose to clean up the component list.
Protected Overloads Overrides Sub Dispose(ByVal disposing As Boolean)
If disposing Then
If Not (components Is Nothing) Then
components.Dispose()
End If
If Not (myTask Is Nothing) Then
runningTask = Nothing
myTask.Dispose()
End If

```

```

        End If
        MyBase.Dispose(disposing)
    End Sub

'Required by the Windows Form Designer
Private components As System.ComponentModel.IContainer

'NOTE: The following procedure is required by the Windows Form Designer
'It can be modified using the Windows Form Designer.
'Do not modify it using the code editor.
Friend WithEvents stopButton As System.Windows.Forms.Button
Friend WithEvents startButton As System.Windows.Forms.Button
Friend WithEvents rateLabel As System.Windows.Forms.Label
Friend WithEvents channelParametersGroupBox As
System.Windows.Forms.GroupBox
Friend WithEvents maximumLabel As System.Windows.Forms.Label
Friend WithEvents minimumLabel As System.Windows.Forms.Label
Friend WithEvents physicalChannelLabel As System.Windows.Forms.Label
Friend WithEvents samplesLabel As System.Windows.Forms.Label
Friend WithEvents timingParametersGroupBox As
System.Windows.Forms.GroupBox
Friend WithEvents acquisitionDataGrid As System.Windows.Forms.DataGrid
Friend WithEvents rateNumeric As System.Windows.Forms.NumericUpDown
Friend WithEvents samplesPerChannelNumeric As
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Friend WithEvents acquisitionResultGroupBox As
System.Windows.Forms.GroupBox
Friend WithEvents minimumValueNumeric As
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Friend WithEvents maximumValueNumeric As
System.Windows.Forms.NumericUpDown
Friend WithEvents physicalChannelComboBox As
System.Windows.Forms.ComboBox
<System.Diagnostics.DebuggerStepThrough()> Private Sub
InitializeComponent()
    Dim UltraTab1 As Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTab = New
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTab()
    Dim resources As System.ComponentModel.ComponentResourceManager =
New System.ComponentModel.ComponentResourceManager(GetType(MainForm))
    Me.UltraTabPageControll1 = New
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabPageControl()
    Me.GroupBoxMQTTSettings = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.GroupBox3 = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.txtPassword = New System.Windows.Forms.TextBox()
    Me.GroupBox2 = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.txtUsername = New System.Windows.Forms.TextBox()
    Me.GroupBox1 = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.ComboEditorMsg = New System.Windows.Forms.ComboBox()
    Me.GroupBoxPort = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.txtPort = New System.Windows.Forms.TextBox()
    Me.GroupBox4 = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.txtTopic = New System.Windows.Forms.TextBox()
    Me.GroupBoxIP = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.txtIP = New System.Windows.Forms.TextBox()
    Me.channelParametersGroupBox = New System.Windows.Forms.GroupBox()
    Me.physicalChannelComboBox = New System.Windows.Forms.ComboBox()
    Me.minimumValueNumeric = New System.Windows.Forms.NumericUpDown()
    Me.maximumValueNumeric = New System.Windows.Forms.NumericUpDown()
    Me.maximumLabel = New System.Windows.Forms.Label()
    Me.minimumLabel = New System.Windows.Forms.Label()
    Me.physicalChannelLabel = New System.Windows.Forms.Label()

```

```

Me.stopButton = New System.Windows.Forms.Button ()
Me.acquisitionResultGroupBox = New System.Windows.Forms.GroupBox ()
Me.acquisitionDataGrid = New System.Windows.Forms.DataGrid ()
Me.startButton = New System.Windows.Forms.Button ()
Me.loggingParametersGroupBox = New System.Windows.Forms.GroupBox ()
Me.tdmsFilePathTextBox = New System.Windows.Forms.TextBox ()
Me.TdmsFilePathLabel = New System.Windows.Forms.Label ()
Me.timingParametersGroupBox = New System.Windows.Forms.GroupBox ()
Me.samplesPerChannelNumeric = New
System.Windows.Forms.NumericUpDown ()
Me.rateNumeric = New System.Windows.Forms.NumericUpDown ()
Me.rateLabel = New System.Windows.Forms.Label ()
Me.samplesLabel = New System.Windows.Forms.Label ()
TabControl = New
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabControl ()
Me.UltraTabSharedControlsPage1 = New
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabSharedControlsPage ()
Me.SplitContainer1 = New System.Windows.Forms.SplitContainer ()
Me.UltraTabPageControll1.SuspendLayout ()
Me.GroupBoxMQTTSettings.SuspendLayout ()
Me.GroupBox3.SuspendLayout ()
Me.GroupBox2.SuspendLayout ()
Me.GroupBox1.SuspendLayout ()
Me.GroupBoxPort.SuspendLayout ()
Me.GroupBox4.SuspendLayout ()
Me.GroupBoxIP.SuspendLayout ()
Me.channelParametersGroupBox.SuspendLayout ()
CType (Me.minimumValueNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (Me.maximumValueNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
Me.acquisitionResultGroupBox.SuspendLayout ()
CType (Me.acquisitionDataGrid,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
Me.loggingParametersGroupBox.SuspendLayout ()
Me.timingParametersGroupBox.SuspendLayout ()
CType (Me.samplesPerChannelNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (Me.rateNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
CType (TabControl,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
TabControl.SuspendLayout ()
CType (Me.SplitContainer1,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).BeginInit ()
Me.SplitContainer1.Panel1.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer1.Panel2.SuspendLayout ()
Me.SplitContainer1.SuspendLayout ()
Me.SuspendLayout ()
'
'UltraTabPageControll1
'
Me.UltraTabPageControll1.Controls.Add (Me.SplitContainer1)
Me.UltraTabPageControll1.Location = New System.Drawing.Point (1, 27)
Me.UltraTabPageControll1.Name = "UltraTabPageControll1"
Me.UltraTabPageControll1.Size = New System.Drawing.Size (1000, 684)
'
'GroupBoxMQTTSettings
'
Me.GroupBoxMQTTSettings.Controls.Add (Me.GroupBox3)
Me.GroupBoxMQTTSettings.Controls.Add (Me.GroupBox2)

```

```

Me.GroupBoxMQTTSettings.Controls.Add(Me.GroupBox1)
Me.GroupBoxMQTTSettings.Controls.Add(Me.GroupBoxPort)
Me.GroupBoxMQTTSettings.Controls.Add(Me.GroupBox4)
Me.GroupBoxMQTTSettings.Controls.Add(Me.GroupBoxIP)
Me.GroupBoxMQTTSettings.Location = New System.Drawing.Point(566, 8)
Me.GroupBoxMQTTSettings.Name = "GroupBoxMQTTSettings"
Me.GroupBoxMQTTSettings.Size = New System.Drawing.Size(411, 342)
Me.GroupBoxMQTTSettings.TabIndex = 8
Me.GroupBoxMQTTSettings.TabStop = False
Me.GroupBoxMQTTSettings.Text = "MQTT Settings"
'
'GroupBox3
'
Me.GroupBox3.Controls.Add(Me.txtPassword)
Me.GroupBox3.Location = New System.Drawing.Point(6, 284)
Me.GroupBox3.Name = "GroupBox3"
Me.GroupBox3.Size = New System.Drawing.Size(400, 53)
Me.GroupBox3.TabIndex = 4
Me.GroupBox3.TabStop = False
Me.GroupBox3.Text = "Password"
'
'txtPassword
'
Me.txtPassword.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.txtPassword.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)
Me.txtPassword.Name = "txtPassword"
Me.txtPassword.PasswordChar = Global.Microsoft.VisualBasic.ChrW(42)
Me.txtPassword.Size = New System.Drawing.Size(394, 30)
Me.txtPassword.TabIndex = 0
'
'GroupBox2
'
Me.GroupBox2.Controls.Add(Me.txtUsername)
Me.GroupBox2.Location = New System.Drawing.Point(9, 222)
Me.GroupBox2.Name = "GroupBox2"
Me.GroupBox2.Size = New System.Drawing.Size(400, 55)
Me.GroupBox2.TabIndex = 3
Me.GroupBox2.TabStop = False
Me.GroupBox2.Text = "Username"
'
'txtUsername
'
Me.txtUsername.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.txtUsername.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)
Me.txtUsername.Name = "txtUsername"
Me.txtUsername.Size = New System.Drawing.Size(394, 30)
Me.txtUsername.TabIndex = 0
'
'GroupBox1
'
Me.GroupBox1.Controls.Add(Me.ComboEditorMsg)
Me.GroupBox1.Location = New System.Drawing.Point(9, 156)
Me.GroupBox1.Name = "GroupBox1"
Me.GroupBox1.Size = New System.Drawing.Size(400, 62)
Me.GroupBox1.TabIndex = 2
Me.GroupBox1.TabStop = False
Me.GroupBox1.Text = "Mqtt Message"
'
'ComboEditorMsg
'
Me.ComboEditorMsg.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill

```

```

        Me.ComboEditorMsg.Items.AddRange(New Object()
{"QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE", "QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE",
"QOS_LEVEL_EXACTLY_ONCE", "QOS_LEVEL_GRANTED_FAILURE"})
        Me.ComboEditorMsg.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)
        Me.ComboEditorMsg.Name = "ComboEditorMsg"
        Me.ComboEditorMsg.Size = New System.Drawing.Size(394, 34)
        Me.ComboEditorMsg.TabIndex = 2
        Me.ComboEditorMsg.Text = "QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE"
    '
    'GroupBoxPort
    '
    Me.GroupBoxPort.Controls.Add(Me.txtPort)
    Me.GroupBoxPort.Location = New System.Drawing.Point(283, 31)
    Me.GroupBoxPort.Name = "GroupBoxPort"
    Me.GroupBoxPort.Size = New System.Drawing.Size(123, 60)
    Me.GroupBoxPort.TabIndex = 1
    Me.GroupBoxPort.TabStop = False
    Me.GroupBoxPort.Text = "Port"
    '
    'txtPort
    '
    Me.txtPort.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.txtPort.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)
    Me.txtPort.Name = "txtPort"
    Me.txtPort.Size = New System.Drawing.Size(117, 30)
    Me.txtPort.TabIndex = 2
    Me.txtPort.Text = "0"
    '
    'GroupBox4
    '
    Me.GroupBox4.Controls.Add(Me.txtTopic)
    Me.GroupBox4.Location = New System.Drawing.Point(6, 97)
    Me.GroupBox4.Name = "GroupBox4"
    Me.GroupBox4.Size = New System.Drawing.Size(403, 63)
    Me.GroupBox4.TabIndex = 1
    Me.GroupBox4.TabStop = False
    Me.GroupBox4.Text = "Topic"
    '
    'txtTopic
    '
    Me.txtTopic.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.txtTopic.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)
    Me.txtTopic.Name = "txtTopic"
    Me.txtTopic.Size = New System.Drawing.Size(397, 30)
    Me.txtTopic.TabIndex = 1
    Me.txtTopic.Text = "MachineData/"
    '
    'GroupBoxIP
    '
    Me.GroupBoxIP.Controls.Add(Me.txtIP)
    Me.GroupBoxIP.Location = New System.Drawing.Point(6, 31)
    Me.GroupBoxIP.Name = "GroupBoxIP"
    Me.GroupBoxIP.Size = New System.Drawing.Size(274, 60)
    Me.GroupBoxIP.TabIndex = 0
    Me.GroupBoxIP.TabStop = False
    Me.GroupBoxIP.Text = "IP"
    '
    'txtIP
    '
    Me.txtIP.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.txtIP.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)

```

```

Me.txtIP.Name = "txtIP"
Me.txtIP.Size = New System.Drawing.Size(268, 30)
Me.txtIP.TabIndex = 0
Me.txtIP.Text = "127.0.0.1"
'
'channelParametersGroupBox
'

Me.channelParametersGroupBox.Controls.Add(Me.physicalChannelComboBox)
Me.channelParametersGroupBox.Controls.Add(Me.minimumValueNumeric)
Me.channelParametersGroupBox.Controls.Add(Me.maximumValueNumeric)
Me.channelParametersGroupBox.Controls.Add(Me.maximumLabel)
Me.channelParametersGroupBox.Controls.Add(Me.minimumLabel)
Me.channelParametersGroupBox.Controls.Add(Me.physicalChannelLabel)
Me.channelParametersGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.channelParametersGroupBox.Location = New System.Drawing.Point(3,
3)
Me.channelParametersGroupBox.Name = "channelParametersGroupBox"
Me.channelParametersGroupBox.Size = New System.Drawing.Size(409,
144)
Me.channelParametersGroupBox.TabIndex = 2
Me.channelParametersGroupBox.TabStop = False
Me.channelParametersGroupBox.Text = "Channel Parameters"
'
'physicalChannelComboBox
'
Me.physicalChannelComboBox.Location = New System.Drawing.Point(239,
38)
Me.physicalChannelComboBox.Name = "physicalChannelComboBox"
Me.physicalChannelComboBox.Size = New System.Drawing.Size(154, 34)
Me.physicalChannelComboBox.TabIndex = 1
Me.physicalChannelComboBox.Text = "Dev1/ai0"
'
'minimumValueNumeric
'
Me.minimumValueNumeric.DecimalPlaces = 2
Me.minimumValueNumeric.Location = New System.Drawing.Point(239, 75)
Me.minimumValueNumeric.Maximum = New Decimal(New Integer() {10, 0,
0, 0})
Me.minimumValueNumeric.Minimum = New Decimal(New Integer() {10, 0,
0, -2147483648})
Me.minimumValueNumeric.Name = "minimumValueNumeric"
Me.minimumValueNumeric.Size = New System.Drawing.Size(154, 30)
Me.minimumValueNumeric.TabIndex = 3
Me.minimumValueNumeric.Value = New Decimal(New Integer() {100, 0,
0, -2147418112})
'
'maximumValueNumeric
'
Me.maximumValueNumeric.DecimalPlaces = 2
Me.maximumValueNumeric.Location = New System.Drawing.Point(239,
110)
Me.maximumValueNumeric.Maximum = New Decimal(New Integer() {10, 0,
0, 0})
Me.maximumValueNumeric.Minimum = New Decimal(New Integer() {10, 0,
0, -2147483648})
Me.maximumValueNumeric.Name = "maximumValueNumeric"
Me.maximumValueNumeric.Size = New System.Drawing.Size(154, 30)
Me.maximumValueNumeric.TabIndex = 5

```



```

Me.maximumValueNumeric.Value = New Decimal(New Integer() {100, 0,
0, 65536})
'
'maximumLabel
'
Me.maximumLabel.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.maximumLabel.Location = New System.Drawing.Point(26, 112)
Me.maximumLabel.Name = "maximumLabel"
Me.maximumLabel.Size = New System.Drawing.Size(179, 23)
Me.maximumLabel.TabIndex = 4
Me.maximumLabel.Text = "Maximum Value (V):"
'
'minimumLabel
'
Me.minimumLabel.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.minimumLabel.Location = New System.Drawing.Point(26, 77)
Me.minimumLabel.Name = "minimumLabel"
Me.minimumLabel.Size = New System.Drawing.Size(166, 23)
Me.minimumLabel.TabIndex = 2
Me.minimumLabel.Text = "Minimum Value (V):"
'
'physicalChannelLabel
'
Me.physicalChannelLabel.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.physicalChannelLabel.Location = New System.Drawing.Point(26, 38)
Me.physicalChannelLabel.Name = "physicalChannelLabel"
Me.physicalChannelLabel.Size = New System.Drawing.Size(153, 23)
Me.physicalChannelLabel.TabIndex = 0
Me.physicalChannelLabel.Text = "Physical Channel:"
'
'stopButton
'
Me.stopButton.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.stopButton.Location = New System.Drawing.Point(416, 190)
Me.stopButton.Name = "stopButton"
Me.stopButton.Size = New System.Drawing.Size(145, 160)
Me.stopButton.TabIndex = 1
Me.stopButton.Text = "Stop"
'
'acquisitionResultGroupBox
'
Me.acquisitionResultGroupBox.Controls.Add(Me.acquisitionDataGrid)
Me.acquisitionResultGroupBox.Dock =
System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.acquisitionResultGroupBox.Location = New System.Drawing.Point(0,
0)
Me.acquisitionResultGroupBox.Name = "acquisitionResultGroupBox"
Me.acquisitionResultGroupBox.Size = New System.Drawing.Size(1000,
319)
Me.acquisitionResultGroupBox.TabIndex = 4
Me.acquisitionResultGroupBox.TabStop = False
Me.acquisitionResultGroupBox.Text = "Acquisition Results"
'
'acquisitionDataGrid
'
Me.acquisitionDataGrid.DataMember = ""
Me.acquisitionDataGrid.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
Me.acquisitionDataGrid.HeaderForeColor =
System.Drawing.SystemColors.ControlText
Me.acquisitionDataGrid.Location = New System.Drawing.Point(3, 26)

```

```

Me.acquisitionDataGrid.Name = "acquisitionDataGrid"
Me.acquisitionDataGrid.ParentRowsVisible = False
Me.acquisitionDataGrid.PreferredColumnWidth = 200
Me.acquisitionDataGrid.ReadOnly = True
Me.acquisitionDataGrid.Size = New System.Drawing.Size(994, 290)
Me.acquisitionDataGrid.TabIndex = 5
Me.acquisitionDataGrid.TabStop = False
'
'startButton
'
Me.startButton.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.startButton.Location = New System.Drawing.Point(416, 10)
Me.startButton.Name = "startButton"
Me.startButton.Size = New System.Drawing.Size(145, 160)
Me.startButton.TabIndex = 0
Me.startButton.Text = "Start"
'
'loggingParametersGroupBox
'
Me.loggingParametersGroupBox.Controls.Add(Me.tdmsFilePathTextBox)
Me.loggingParametersGroupBox.Controls.Add(Me.TdmsFilePathLabel)
Me.loggingParametersGroupBox.Location = New System.Drawing.Point(2,
255)
Me.loggingParametersGroupBox.Name = "loggingParametersGroupBox"
Me.loggingParametersGroupBox.Size = New System.Drawing.Size(404,
95)
Me.loggingParametersGroupBox.TabIndex = 6
Me.loggingParametersGroupBox.TabStop = False
Me.loggingParametersGroupBox.Text = "Logging Parameters"
'
'tdmsFilePathTextBox
'
Me.tdmsFilePathTextBox.Location = New System.Drawing.Point(26, 60)
Me.tdmsFilePathTextBox.Name = "tdmsFilePathTextBox"
Me.tdmsFilePathTextBox.Size = New System.Drawing.Size(367, 30)
Me.tdmsFilePathTextBox.TabIndex = 1
'
'TdmsFilePathLabel
'
Me.TdmsFilePathLabel.AutoSize = True
Me.TdmsFilePathLabel.Location = New System.Drawing.Point(26, 37)
Me.TdmsFilePathLabel.Name = "TdmsFilePathLabel"
Me.TdmsFilePathLabel.Size = New System.Drawing.Size(168, 26)
Me.TdmsFilePathLabel.TabIndex = 0
Me.TdmsFilePathLabel.Text = "TDMS File Path:"
'
'timingParametersGroupBox
'
Me.timingParametersGroupBox.Controls.Add(Me.samplesPerChannelNumeric)
Me.timingParametersGroupBox.Controls.Add(Me.rateNumeric)
Me.timingParametersGroupBox.Controls.Add(Me.rateLabel)
Me.timingParametersGroupBox.Controls.Add(Me.samplesLabel)
Me.timingParametersGroupBox.FlatStyle =
System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.timingParametersGroupBox.Location = New System.Drawing.Point(3,
153)
Me.timingParametersGroupBox.Name = "timingParametersGroupBox"
Me.timingParametersGroupBox.Size = New System.Drawing.Size(409, 96)
Me.timingParametersGroupBox.TabIndex = 3
Me.timingParametersGroupBox.TabStop = False

```

```

Me.timingParametersGroupBox.Text = "Timing Parameters"
'
'samplesPerChannelNumeric
'
Me.samplesPerChannelNumeric.Location = New
System.Drawing.Point(239, 27)
Me.samplesPerChannelNumeric.Maximum = New Decimal(New Integer()
{100000, 0, 0, 0})
Me.samplesPerChannelNumeric.Name = "samplesPerChannelNumeric"
Me.samplesPerChannelNumeric.Size = New System.Drawing.Size(154, 30)
Me.samplesPerChannelNumeric.TabIndex = 1
Me.samplesPerChannelNumeric.Value = New Decimal(New Integer()
{1000, 0, 0, 0})
'
'rateNumeric
'
Me.rateNumeric.DecimalPlaces = 2
Me.rateNumeric.Location = New System.Drawing.Point(239, 62)
Me.rateNumeric.Maximum = New Decimal(New Integer() {100000, 0, 0,
0})
Me.rateNumeric.Name = "rateNumeric"
Me.rateNumeric.Size = New System.Drawing.Size(154, 30)
Me.rateNumeric.TabIndex = 3
Me.rateNumeric.Value = New Decimal(New Integer() {10000, 0, 0, 0})
'
'rateLabel
'
Me.rateLabel.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.rateLabel.Location = New System.Drawing.Point(26, 64)
Me.rateLabel.Name = "rateLabel"
Me.rateLabel.Size = New System.Drawing.Size(189, 23)
Me.rateLabel.TabIndex = 2
Me.rateLabel.Text = "Rate (Hz):"
'
'samplesLabel
'
Me.samplesLabel.FlatStyle = System.Windows.Forms.FlatStyle.System
Me.samplesLabel.Location = New System.Drawing.Point(15, 29)
Me.samplesLabel.Name = "samplesLabel"
Me.samplesLabel.Size = New System.Drawing.Size(200, 21)
Me.samplesLabel.TabIndex = 0
Me.samplesLabel.Text = "Samples/Channel:"
'
'TabControl
'
TabControl.Controls.Add(Me.UltraTabSharedControlsPage1)
TabControl.Controls.Add(Me.UltraTabPageControl1)
TabControl.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
TabControl.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
TabControl.Name = "TabControl"
TabControl.SharedControlsPage = Me.UltraTabSharedControlsPage1
TabControl.Size = New System.Drawing.Size(1002, 712)
TabControl.Style =
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTabControlStyle.Office2007Ribbon
TabControl.TabIndex = 8
UltraTab1.TabPage = Me.UltraTabPageControl1
UltraTab1.Text = "Device 0"
TabControl.Tabs.AddRange(New
Infragistics.Win.UltraWinTabControl.UltraTab() {UltraTab1})
'
'UltraTabSharedControlsPage1

```

```

    Me.UltraTabSharedControlsPage1.Location = New
System.Drawing.Point(-10000, -10000)
    Me.UltraTabSharedControlsPage1.Name = "UltraTabSharedControlsPage1"
    Me.UltraTabSharedControlsPage1.Size = New System.Drawing.Size(1000,
684)
    '
    'SplitContainer1
    '
    Me.SplitContainer1.Dock = System.Windows.Forms.DockStyle.Fill
    Me.SplitContainer1.Location = New System.Drawing.Point(0, 0)
    Me.SplitContainer1.Name = "SplitContainer1"
    Me.SplitContainer1.Orientation =
System.Windows.Forms.Orientation.Horizontal
    '
    'SplitContainer1.Panel1
    '
    Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.channelParametersGroupBox)
    Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.GroupBoxMQTTSettings)
    Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.timingParametersGroupBox)

    Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.loggingParametersGroupBox)
    Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.stopButton)
    Me.SplitContainer1.Panel1.Controls.Add(Me.startButton)
    '
    'SplitContainer1.Panel2
    '
    Me.SplitContainer1.Panel2.Controls.Add(Me.acquisitionResultGroupBox)
    Me.SplitContainer1.Size = New System.Drawing.Size(1000, 684)
    Me.SplitContainer1.SplitterDistance = 355
    Me.SplitContainer1.SplitterWidth = 10
    Me.SplitContainer1.TabIndex = 9
    '
    'MainForm
    '
    Me.AutoScaleBaseSize = New System.Drawing.Size(11, 23)
    Me.ClientSize = New System.Drawing.Size(1002, 712)
    Me.Controls.Add(TabControl)
    Me.Font = New System.Drawing.Font("Sitka Small", 9.0!,
System.Drawing.FontStyle.Bold, System.Drawing.GraphicsUnit.Point,
CType(161, Byte))
    Me.Icon = CType(resources.GetObject("$this.Icon"),
System.Drawing.Icon)
    Me.MaximizeBox = False
    Me.MinimizeBox = False
    Me.MinimumSize = New System.Drawing.Size(1024, 768)
    Me.Name = "MainForm"
    Me.StartPosition =
System.Windows.Forms.FormStartPosition.CenterScreen
    Me.Text = "Tdms Continuous Acquisition of Voltage Samples -
Internal Clock"
    Me.UltraTabPageControll1.ResumeLayout(False)
    Me.GroupBoxMQTTSettings.ResumeLayout(False)
    Me.GroupBox3.ResumeLayout(False)
    Me.GroupBox3.PerformLayout()
    Me.GroupBox2.ResumeLayout(False)
    Me.GroupBox2.PerformLayout()
    Me.GroupBox1.ResumeLayout(False)
    Me.GroupBoxPort.ResumeLayout(False)

```

```

        Me.GroupBoxPort.PerformLayout ()
        Me.GroupBox4.ResumeLayout (False)
        Me.GroupBox4.PerformLayout ()
        Me.GroupBoxIP.ResumeLayout (False)
        Me.GroupBoxIP.PerformLayout ()
        Me.channelParametersGroupBox.ResumeLayout (False)
        CType (Me.minimumValueNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        CType (Me.maximumValueNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        Me.acquisitionResultGroupBox.ResumeLayout (False)
        CType (Me.acquisitionDataGrid,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        Me.loggingParametersGroupBox.ResumeLayout (False)
        Me.loggingParametersGroupBox.PerformLayout ()
        Me.timingParametersGroupBox.ResumeLayout (False)
        CType (Me.samplesPerChannelNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        CType (Me.rateNumeric,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        CType (TabControl,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        TabControl.ResumeLayout (False)
        Me.SplitContainer1.Panel1.ResumeLayout (False)
        Me.SplitContainer1.Panel2.ResumeLayout (False)
        CType (Me.SplitContainer1,
System.ComponentModel.ISupportInitialize).EndInit ()
        Me.SplitContainer1.ResumeLayout (False)
        Me.ResumeLayout (False)

```

End Sub

#End Region

```

Dim channel As String
Dim minimumchannel As Double
Dim maximumchannel As Double
Dim ratechannel As Double
Dim TDMSchannel As String
Dim samplesperchannel As Double

```

```

Private Sub startButton_Click (ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles startButton.Click
    stopButton.Enabled = True
    startButton.Enabled = False
    TabControl.SelectedTab.Appearance.BackColor = Color.LightSkyBlue
    Try
        'Create Mqtt Broker Client
        If txtIP.Text = "" Then
            MsgBox ("Fill Ip", MsgBoxStyle.Information, "Μήνυμα")
            Exit Sub
        End If

        Dim port As Integer = IIf (txtPort.Text = "", 0, txtPort.Text)
        If port > 0 Then
            mqttclient = New MqttClient (txtIP.Text, port, False,
Nothing, Nothing, MqttSslProtocols.None)
        Else
            mqttclient = New MqttClient (txtIP.Text)
        End If
    End Try

```

```

Dim clientid As String = Guid.NewGuid().ToString
If txtUsername.Text <> "" And txtPassword.Text <> "" Then
    mqtttclient.Connect(clientid, txtUsername.Text,
txtPassword.Text)
Else
    mqtttclient.Connect(clientid)
End If

If txtTopic.Text <> "" Then
    Me.Text += "Start Publishing - Topic: " + txtTopic.Text
    If ComboEditorMsg.Text = "QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE" Then
        mqtttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE})
    ElseIf ComboEditorMsg.Text = "QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE" Then
        mqtttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE})
    ElseIf ComboEditorMsg.Text = "QOS_LEVEL_EXACTLY_ONCE" Then
        mqtttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_EXACTLY_ONCE})
    ElseIf ComboEditorMsg.Text = "QOS_LEVEL_GRANTED_FAILURE"
Then
        mqtttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_GRANTED_FAILURE})
    Else
        mqtttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE})
    End If
Else
    MsgBox("Προσοχή!!! Δεν υπάρχει Topic.",
MsgBoxStyle.Information, "Μήνυμα")
End If

Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.Source + " Message : " + ex.Message)
End Try

channel = physicalChannelComboBox.Text
minimumchannel = minimumValueNumeric.Value
maximumchannel = maximumValueNumeric.Value
ratechannel = rateNumeric.Value
TDMSchannel = tdmsFilePathTextBox.Text
samplesperchannel = samplesPerChannelNumeric.Value

Dim separatorIndex As Integer = channel.IndexOf("/")
Dim channelname As String = channel.Substring(0, separatorIndex)

If ChannelsName.Contains(channelname) Then
    If mqtttclient.IsConnected Then
        mqtttclient.Disconnect()
    End If
    stopButton.Enabled = False
    startButton.Enabled = True
    TabControl.SelectedTab.Appearance.BackColor = Color.Snow
    MsgBox("Προσοχή!!! Η συσκευή " + channelname + "
χρησιμοποιείται...", MsgBoxStyle.Information, "Μήνυμα")
Exit Sub
End If
ChannelsName.Add(channelname)

Dim thread1 As Thread = New Thread(AddressOf subthread)
thread1.Start()

```

```

End Sub

Sub subthread()
    If runningTask Is Nothing Then
        Try
            ' Create a new task
            myTask = New Task()

            ' Create a virtual channel
            myTask.AIChannels.CreateVoltageChannel(channel, "",
                CType(-1, AITerminalConfiguration),
                Convert.ToDouble(minimumchannel),
                Convert.ToDouble(maximumchannel), AIVoltageUnits.Volts)

            myTask.Timing.ConfigureSampleClock("",
                Convert.ToDouble(ratechannel),
                SampleClockActiveEdge.Rising,
                SampleQuantityMode.ContinuousSamples, 1000)

            ' Configure TDMS Logging
            If TDMSchannel.Trim().Length > 0 Then
                myTask.ConfigureLogging(TDMSchannel,
                    TdmsLoggingOperation.CreateOrReplace, LoggingMode.LogAndRead, "Group Name")
            End If

            ' Verify the Task
            myTask.Control(TaskAction.Verify)

            runningTask = myTask
            analogInReader = New
            AnalogMultiChannelReader(myTask.Stream)
            analogCallback = New AsyncCallback(AddressOf
            AnalogInCallback)

            ' Prepare the table for Data
            InitializeDataTable(myTask.AIChannels)

            ' Use SynchronizeCallbacks to specify that the object
            ' marshals callbacks across threads appropriately.
            analogInReader.SynchronizeCallbacks = True

            analogInReader.BeginReadWaveform(Convert.ToInt32(samplesperchannel),
            analogCallback, myTask)
            Catch exception As DaqException
                MessageBox.Show(exception.Message)
                runningTask = Nothing
                stopButton.Enabled = False
                startButton.Enabled = True
                myTask.Dispose()
                If mqttclient.IsConnected Then
                    mqttclient.Disconnect()
                End If
            End Try
        End If
    End Sub

    Private Sub stopButton_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
    System.EventArgs) Handles stopButton.Click
        If Not (runningTask Is Nothing) Then
            runningTask = Nothing
            myTask.Dispose()
        End If
    End Sub

```

```

        If mqttclient.IsConnected Then
            mqttclient.Disconnect()
        End If

        Dim separatorIndex As Integer = channel.IndexOf("/")
        Dim channelname As String = channel.Substring(0,
separatorIndex)
        If ChannelsName.Contains(channelname) Then
            ChannelsName.Remove(channelname)
        End If
        stopButton.Enabled = False
        startButton.Enabled = True
        TabControl.SelectedTab.Appearance.BackColor = Color.Snow
    End If
End Sub

Private Sub AnalogInCallback(ByVal ar As IAsyncResult)
    Try
        If (Not (runningTask Is Nothing)) AndAlso runningTask Is
ar.AsyncState Then
            data = analogInReader.EndReadWaveform(ar)

            'Plot your data here
            dataToDataTable(data)

analogInReader.BeginMemoryOptimizedReadWaveform(Convert.ToInt32(samplesPerC
hannelNumeric.Value), analogCallback, myTask, data)

        End If
    Catch ex As DaqException
        MessageBox.Show(ex.Message)
        runningTask = Nothing
        myTask.Dispose()
        stopButton.Enabled = False
        startButton.Enabled = True
        If mqttclient.IsConnected Then
            mqttclient.Disconnect()
        End If
    End Try
End Sub

Private Sub dataToDataTable(ByVal sourceArray As AnalogWaveform(Of
Double)())
    ' Iterate over channels
    Dim currentLineIndex As Integer = 0
    For Each waveform As AnalogWaveform(Of Double) In sourceArray
        Dim dataCount As Integer = 0
        If waveform.Samples.Count < 10 Then
            dataCount = waveform.Samples.Count
        Else
            dataCount = 10
        End If
        For sample As Integer = 0 To (dataCount - 1)
            dataTable.Rows(sample)(currentLineIndex) =
waveform.Samples(sample).Value
            'MsgBox(waveform.Samples(sample).Value.ToString)
            If txtTopic.Text <> "" Then
                mqttclient.Publish(txtTopic.Text,
Encoding.Unicode.GetBytes(waveform.Samples(sample).Value.ToString))
            End If
        Next
    Next
End Sub

```



```

        End If
    Next
    currentLineIndex += 1
Next
Invoke (Sub ()
    bindingtable.DataSource = dataTable
End Sub)
End Sub

Public Sub InitializeDataTable (ByVal channelCollection As
AIChannelCollection)
    dataTable.Rows.Clear ()
    dataTable.Columns.Clear ()
    Invoke (Sub ()
        bindingtable.DataSource = Nothing
    End Sub)

    Dim numofChannels As Int16 = channelCollection.Count
    DataColumn = New DataColumn (numofChannels) {}
    Dim numofRows As Int16 = 10
    Dim currentChannelIndex As Int16 = 0
    Dim currentDataIndex As Int16 = 0

    For currentChannelIndex = 0 To (numofChannels - 1)
        DataColumn (currentChannelIndex) = New DataColumn
        DataColumn (currentChannelIndex).DataType =
System.Type.GetType ("System.Double")
        DataColumn (currentChannelIndex).ColumnName =
channelCollection (currentChannelIndex).PhysicalName
    Next

    dataTable.Columns.AddRange (dataColumn)

    For currentDataIndex = 0 To (numofRows - 1)
        Dim rowArr As Object () = New Object (numofChannels - 1) {}
        dataTable.Rows.Add (rowArr)
    Next
    Invoke (Sub ()
        bindingtable.DataSource = dataTable
    End Sub)

End Sub

Private Sub MainForm_FormClosing (sender As Object, e As
FormClosingEventArgs) Handles MyBase.FormClosing
    If Not (runningTask Is Nothing) Then
        myTask.Dispose ()
    End If
    If mqttclient.IsConnected Then
        mqttclient.Disconnect ()
    End If
End Sub

Private Sub ComboEditorMsg_KeyPress (sender As Object, e As
KeyPressEventArgs)
    e.Handled = True
End Sub

Private Sub txtPort_KeyPress (sender As Object, e As KeyPressEventArgs)
    '97 - 122 = Ascii codes for simple letters
    '65 - 90 = Ascii codes for capital letters

```

```

'48 - 57 = Ascii codes for numbers

If Asc(e.KeyChar) <> 8 Then
    If Asc(e.KeyChar) < 48 Or Asc(e.KeyChar) > 57 Then
        e.Handled = True
    End If
End If
End Sub

Public Shared Sub TabControl_DoubleClick(sender As Object, e As
EventArgs) Handles TabControl.DoubleClick
    TabControl.Tabs.Add("Device " & TabControl.Tabs.Count.ToString,
"Device " & TabControl.Tabs.Count.ToString)
    Dim p As New Panel
    Dim s As New ChannelControl
    s.Name = "DeviceControl " & (TabControl.Tabs.Count - 1).ToString
    s.Dock = DockStyle.Fill
    p.Controls.Add(s)
    p.AutoScroll = True
    p.Name = "Panel " & (TabControl.Tabs.Count - 1).ToString
    p.Dock = DockStyle.Fill
    TabControl.Tabs("Device " & (TabControl.Tabs.Count -
1).ToString).TabPage.Controls.Add(p)
End Sub

End Class

```

5.2. Πηγαίος κώδικας subscriber

```

Imports System.Text
Imports uPLibrary.Networking.M2Mqtt
Imports uPLibrary.Networking.M2Mqtt.Messages
Imports Infragistics.Win.UltraWinGrid

Public Class MainForm
    WithEvents mqttclient As MqttClient = New MqttClient("127.0.0.1")
    Dim Mqttmessage As String = ""
    Dim dataset1 As New DataSet

#Region "M2Mqtt"
    Private Sub MainForm_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
MyBase.Load
        btnDisconnect.Enabled = False
        ComboEditorMsg.SelectedIndex = 1
        CreateGrid()
    End Sub

    Private Sub client_receivedMessage(ByVal sender As Object, ByVal e As
MqttMsgPublishEventArgs) Handles mqttclient.MqttMsgPublishReceived
        If Me.InvokeRequired Then
            Me.BeginInvoke(New EventHandler(Of
MqttMsgPublishEventArgs)(AddressOf client_receivedMessage), New Object()
{sender, e})
            Return
        End If
        Mqttmessage += Encoding.Default.GetString(e.Message) + vbCrLf
        Dim row As UltraGridRow =
MqttDataGrid1.DisplayLayout.Bands(0).AddNew()

```

```

        row.Cells(0).Value = Mqttmessage
        Mqttmessage = ""
    End Sub

    Private Sub btnConnect_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
btnConnect.Click
        Try
            If txtIP.Text = "" Then
                MsgBox("Fill Ip")
                Exit Sub
            End If

            If Not IsDBNull(txtPort.Value) Then
                If txtPort.Value > 0 Then
                    Dim port As Integer = txtPort.Value
                    mqttclient = New MqttClient(txtIP.Text, port, False,
Nothing, Nothing, MqttSslProtocols.None)
                Else
                    mqttclient = New MqttClient(txtIP.Text)
                End If
            Else
                mqttclient = New MqttClient(txtIP.Text)
            End If

            Dim clientid As String = Guid.NewGuid().ToString
            If txtUsername.Text <> "" And txtPassword.Text <> "" Then
                mqttclient.Connect(clientid, txtUsername.Text,
txtPassword.Text)
            Else
                mqttclient.Connect(clientid)
            End If

            If txtTopic.Text <> "" Then
                Me.Text = "Start Listening - Subscriber: " + txtTopic.Text
                If ComboEditorMsg.Value = 0 Then
                    mqttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_AT_MOST_ONCE})
                ElseIf ComboEditorMsg.Value = 1 Then
                    mqttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE})
                ElseIf ComboEditorMsg.Value = 2 Then
                    mqttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_EXACTLY_ONCE})
                ElseIf ComboEditorMsg.Value = 3 Then
                    mqttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_GRANTED_FAILURE})
                Else
                    mqttclient.Subscribe(New String() {txtTopic.Text}, New
Byte() {MqttMsgBase.QOS_LEVEL_AT_LEAST_ONCE})
                End If
            Else
                MsgBox("Προσοχή!!! Δεν υπάρχει Topic.")
            End If
            btnConnect.Enabled = False
            btnDisconnect.Enabled = True
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Source + " Message : " + ex.Message)
        End Try
    End Sub

```

```

Private Sub btnDisconnect_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles btnDisconnect.Click
    mqttclient.Disconnect()
    Me.Text = " Stop Listening"
    btnDisconnect.Enabled = False
    btnConnect.Enabled = True
End Sub

Private Sub Form1_FormClosing(sender As Object, e As
FormClosingEventArgs) Handles MyBase.FormClosing
    If mqttclient.IsConnected Then
        mqttclient.Disconnect()
    End If
End Sub

Sub CreateGrid()
    'Create a table that will contain three columns.
    Dim table As DataTable = New DataTable("Table")
    'Create three columns that will hold sample data.
    Dim column1 As DataColumn = New DataColumn("Data",
GetType(System.String))
    'Add the three columns to the table.
    table.Columns.AddRange(New DataColumn() {column1})
    dataset1.Tables.Add(table)
    MqttDataGrid1.DataSource = dataset1
    MqttDataGrid1.DisplayLayout.Bands(0).Columns(0).CellActivation =
Activation.NoEdit
End Sub

#End Region

End Class

```

5.3. Δείγμα μετρήσεων

ID	USER_ID	VOLTAGE	DATA_DATE	TOPIC
1	0	-0,302808303	2020-06-27 14:09:31.910	MachineData/1000/
2	0	-0,180708181	2020-06-27 14:09:31.920	MachineData/1000/
3	0	0,058608059	2020-06-27 14:09:31.920	MachineData/1000/
4	0	-0,073260073	2020-06-27 14:09:31.920	MachineData/1000/
5	0	0,214896215	2020-06-27 14:09:31.920	MachineData/1000/
6	0	-0,166056166	2020-06-27 14:09:31.920	MachineData/1000/
7	0	0,161172161	2020-06-27 14:09:31.930	MachineData/1000/
8	0	-0,078144078	2020-06-27 14:09:31.930	MachineData/1000/
9	0	-0,2002442	2020-06-27 14:09:31.930	MachineData/1000/
10	0	-0,161172161	2020-06-27 14:09:31.930	MachineData/1000/
11	0	5,426129426	2020-06-27 14:09:31.990	MachineData/1000/
12	0	5,47008547	2020-06-27 14:09:31.990	MachineData/1000/
13	0	5,851037851	2020-06-27 14:09:31.990	MachineData/1000/
14	0	5,416361416	2020-06-27 14:09:31.990	MachineData/1000/

15	0	5,992673993	2020-06-27 14:09:31.990	MachineData/1000/
16	0	5,870573871	2020-06-27 14:09:32.000	MachineData/1000/
17	0	5,831501832	2020-06-27 14:09:32.000	MachineData/1000/
18	0	5,831501832	2020-06-27 14:09:32.070	MachineData/1000/
19	0	5,47985348	2020-06-27 14:09:32.090	MachineData/1000/
20	0	5,958485958	2020-06-27 14:09:32.110	MachineData/1000/
21	0	9,26984127	2020-06-27 14:09:32.130	MachineData/1000/
22	0	9,04029304	2020-06-27 14:09:32.150	MachineData/1000/
23	0	9,162393162	2020-06-27 14:09:32.170	MachineData/1000/
24	0	9,045177045	2020-06-27 14:09:32.190	MachineData/1000/
25	0	9,450549451	2020-06-27 14:09:32.200	MachineData/1000/
26	0	9,426129426	2020-06-27 14:09:32.220	MachineData/1000/
27	0	9,015873016	2020-06-27 14:09:32.240	MachineData/1000/
28	0	9,304029304	2020-06-27 14:09:32.260	MachineData/1000/
29	0	9,396825397	2020-06-27 14:09:32.280	MachineData/1000/
30	0	9,015873016	2020-06-27 14:09:32.300	MachineData/1000/
31	0	9,294261294	2020-06-27 14:09:32.310	MachineData/1000/
32	0	9,333333333	2020-06-27 14:09:32.330	MachineData/1000/
33	0	9,206349206	2020-06-27 14:09:32.350	MachineData/1000/
34	0	9,05982906	2020-06-27 14:09:32.370	MachineData/1000/
35	0	9,504273504	2020-06-27 14:09:32.390	MachineData/1000/
36	0	9,020757021	2020-06-27 14:09:32.410	MachineData/1000/
37	0	9,347985348	2020-06-27 14:09:32.430	MachineData/1000/
38	0	9,484737485	2020-06-27 14:09:32.450	MachineData/1000/
39	0	9,440781441	2020-06-27 14:09:32.470	MachineData/1000/
40	0	9,162393162	2020-06-27 14:09:32.490	MachineData/1000/
41	0	5,47008547	2020-06-27 14:09:32.510	MachineData/1000/
42	0	5,543345543	2020-06-27 14:09:32.530	MachineData/1000/
43	0	5,606837607	2020-06-27 14:09:32.550	MachineData/1000/
44	0	5,758241758	2020-06-27 14:09:32.570	MachineData/1000/
45	0	5,499389499	2020-06-27 14:09:32.590	MachineData/1000/
46	0	5,406593407	2020-06-27 14:09:32.610	MachineData/1000/
47	0	5,440781441	2020-06-27 14:09:32.630	MachineData/1000/
48	0	5,797313797	2020-06-27 14:09:32.650	MachineData/1000/
49	0	5,48962149	2020-06-27 14:09:32.670	MachineData/1000/
50	0	5,787545788	2020-06-27 14:09:32.690	MachineData/1000/
51	0	0,053724054	2020-06-27 14:09:32.700	MachineData/1000/
52	0	0,004884005	2020-06-27 14:09:32.720	MachineData/1000/
53	0	0	2020-06-27 14:09:32.740	MachineData/1000/
54	0	0,053724054	2020-06-27 14:09:32.760	MachineData/1000/

Πίνακας 1 (Αποτελέσματα μετρήσεων με 1000 Samples/Channel με συχνότητα(Rate) 10000 hz)

ID	USER_ID	VOLTAGE	DATA_DATE	TOPIC
761	0	-0,302808303	2020-06-27 14:10:40.063	MachineData/100/

762	0	-0,180708181	2020-06-27 14:10:40.093	MachineData/100/
763	0	0,058608059	2020-06-27 14:10:40.113	MachineData/100/
764	0	-0,073260073	2020-06-27 14:10:40.133	MachineData/100/
765	0	0,214896215	2020-06-27 14:10:40.153	MachineData/100/
766	0	-0,166056166	2020-06-27 14:10:40.173	MachineData/100/
767	0	0,161172161	2020-06-27 14:10:40.193	MachineData/100/
768	0	-0,078144078	2020-06-27 14:10:40.213	MachineData/100/
769	0	-0,2002442	2020-06-27 14:10:40.233	MachineData/100/
770	0	-0,161172161	2020-06-27 14:10:40.253	MachineData/100/
771	0	0,566544567	2020-06-27 14:10:40.273	MachineData/100/
772	0	0,659340659	2020-06-27 14:10:40.293	MachineData/100/
773	0	0,693528694	2020-06-27 14:10:40.313	MachineData/100/
774	0	0,625152625	2020-06-27 14:10:40.340	MachineData/100/
775	0	0,747252747	2020-06-27 14:10:40.360	MachineData/100/
776	0	0,449328449	2020-06-27 14:10:40.380	MachineData/100/
777	0	0,449328449	2020-06-27 14:10:40.400	MachineData/100/
778	0	0,625152625	2020-06-27 14:10:40.430	MachineData/100/
779	0	0,415140415	2020-06-27 14:10:40.450	MachineData/100/
780	0	0,42002442	2020-06-27 14:10:40.470	MachineData/100/
781	0	1,240537241	2020-06-27 14:10:40.490	MachineData/100/
782	0	0,952380952	2020-06-27 14:10:40.520	MachineData/100/
783	0	1,240537241	2020-06-27 14:10:40.540	MachineData/100/
784	0	0,986568987	2020-06-27 14:10:40.560	MachineData/100/
785	0	1,47008547	2020-06-27 14:10:40.580	MachineData/100/
786	0	1,030525031	2020-06-27 14:10:40.600	MachineData/100/
787	0	1,509157509	2020-06-27 14:10:40.620	MachineData/100/
788	0	0,981684982	2020-06-27 14:10:40.640	MachineData/100/
789	0	1,162393162	2020-06-27 14:10:40.670	MachineData/100/
790	0	1,206349206	2020-06-27 14:10:40.690	MachineData/100/
791	0	1,948717949	2020-06-27 14:10:40.710	MachineData/100/
792	0	1,938949939	2020-06-27 14:10:40.730	MachineData/100/
793	0	1,919413919	2020-06-27 14:10:40.750	MachineData/100/
794	0	1,592185592	2020-06-27 14:10:40.770	MachineData/100/
795	0	1,567765568	2020-06-27 14:10:40.790	MachineData/100/
796	0	1,821733822	2020-06-27 14:10:40.810	MachineData/100/
797	0	1,987789988	2020-06-27 14:10:40.840	MachineData/100/
798	0	1,963369963	2020-06-27 14:10:40.860	MachineData/100/
799	0	1,787545788	2020-06-27 14:10:40.880	MachineData/100/
800	0	1,597069597	2020-06-27 14:10:40.900	MachineData/100/
801	0	2,192918193	2020-06-27 14:10:40.920	MachineData/100/
802	0	2,446886447	2020-06-27 14:10:40.940	MachineData/100/
803	0	2,398046398	2020-06-27 14:10:40.960	MachineData/100/
804	0	2,305250305	2020-06-27 14:10:40.980	MachineData/100/
805	0	2,339438339	2020-06-27 14:10:41.000	MachineData/100/
806	0	2,505494505	2020-06-27 14:10:41.020	MachineData/100/
807	0	2,735042735	2020-06-27 14:10:41.040	MachineData/100/

808	0	2,241758242	2020-06-27 14:10:41.070	MachineData/100/
809	0	2,583638584	2020-06-27 14:10:41.090	MachineData/100/
810	0	2,627594628	2020-06-27 14:10:41.110	MachineData/100/
811	0	3,184371184	2020-06-27 14:10:41.130	MachineData/100/
812	0	3,189255189	2020-06-27 14:10:41.150	MachineData/100/
813	0	3,242979243	2020-06-27 14:10:41.170	MachineData/100/
814	0	2,871794872	2020-06-27 14:10:41.190	MachineData/100/
815	0	2,857142857	2020-06-27 14:10:41.210	MachineData/100/
816	0	3,247863248	2020-06-27 14:10:41.230	MachineData/100/
817	0	3,238095238	2020-06-27 14:10:41.250	MachineData/100/
818	0	2,759462759	2020-06-27 14:10:41.270	MachineData/100/
819	0	2,852258852	2020-06-27 14:10:41.290	MachineData/100/
820	0	3,018315018	2020-06-27 14:10:41.310	MachineData/100/
821	0	3,516483516	2020-06-27 14:10:41.330	MachineData/100/
822	0	3,633699634	2020-06-27 14:10:41.350	MachineData/100/
823	0	3,565323565	2020-06-27 14:10:41.380	MachineData/100/
824	0	3,853479853	2020-06-27 14:10:41.400	MachineData/100/
825	0	3,78998779	2020-06-27 14:10:41.420	MachineData/100/
826	0	3,775335775	2020-06-27 14:10:41.440	MachineData/100/
827	0	3,824175824	2020-06-27 14:10:41.460	MachineData/100/
828	0	3,868131868	2020-06-27 14:10:41.480	MachineData/100/
829	0	3,877899878	2020-06-27 14:10:41.507	MachineData/100/
830	0	3,394383394	2020-06-27 14:10:41.527	MachineData/100/
831	0	4,19047619	2020-06-27 14:10:41.547	MachineData/100/
832	0	4,048840049	2020-06-27 14:10:41.567	MachineData/100/
833	0	4,424908425	2020-06-27 14:10:41.587	MachineData/100/
834	0	4,380952381	2020-06-27 14:10:41.607	MachineData/100/
835	0	4,42002442	2020-06-27 14:10:41.627	MachineData/100/
836	0	3,975579976	2020-06-27 14:10:41.657	MachineData/100/
837	0	4,073260073	2020-06-27 14:10:41.677	MachineData/100/
838	0	4,039072039	2020-06-27 14:10:41.697	MachineData/100/
839	0	3,931623932	2020-06-27 14:10:41.727	MachineData/100/
840	0	4,302808303	2020-06-27 14:10:41.747	MachineData/100/
841	0	4,415140415	2020-06-27 14:10:41.767	MachineData/100/
842	0	4,923076923	2020-06-27 14:10:41.787	MachineData/100/
843	0	4,835164835	2020-06-27 14:10:41.807	MachineData/100/
844	0	4,444444444	2020-06-27 14:10:41.827	MachineData/100/
845	0	4,796092796	2020-06-27 14:10:41.847	MachineData/100/
846	0	4,888888889	2020-06-27 14:10:41.867	MachineData/100/
847	0	4,561660562	2020-06-27 14:10:41.887	MachineData/100/
848	0	4,927960928	2020-06-27 14:10:41.907	MachineData/100/
849	0	4,996336996	2020-06-27 14:10:41.927	MachineData/100/
850	0	4,551892552	2020-06-27 14:10:41.947	MachineData/100/
851	0	4,981684982	2020-06-27 14:10:41.967	MachineData/100/
852	0	4,967032967	2020-06-27 14:10:41.987	MachineData/100/
853	0	5,318681319	2020-06-27 14:10:42.007	MachineData/100/

854	0	5,201465201	2020-06-27 14:10:42.027	MachineData/100/
855	0	5,304029304	2020-06-27 14:10:42.047	MachineData/100/
856	0	5,304029304	2020-06-27 14:10:42.067	MachineData/100/
857	0	5,421245421	2020-06-27 14:10:42.087	MachineData/100/
858	0	5,455433455	2020-06-27 14:10:42.107	MachineData/100/
859	0	5,514041514	2020-06-27 14:10:42.127	MachineData/100/
860	0	5,377289377	2020-06-27 14:10:42.147	MachineData/100/
861	0	5,426129426	2020-06-27 14:10:42.177	MachineData/100/
862	0	5,47008547	2020-06-27 14:10:42.197	MachineData/100/
863	0	5,851037851	2020-06-27 14:10:42.217	MachineData/100/
864	0	5,416361416	2020-06-27 14:10:42.237	MachineData/100/
865	0	5,992673993	2020-06-27 14:10:42.257	MachineData/100/
866	0	5,870573871	2020-06-27 14:10:42.287	MachineData/100/
867	0	5,831501832	2020-06-27 14:10:42.307	MachineData/100/
868	0	5,831501832	2020-06-27 14:10:42.327	MachineData/100/
869	0	5,47985348	2020-06-27 14:10:42.357	MachineData/100/
870	0	5,958485958	2020-06-27 14:10:42.377	MachineData/100/
871	0	6,344322344	2020-06-27 14:10:42.397	MachineData/100/
872	0	6,075702076	2020-06-27 14:10:42.417	MachineData/100/
873	0	5,973137973	2020-06-27 14:10:42.437	MachineData/100/
874	0	6,09035409	2020-06-27 14:10:42.457	MachineData/100/
875	0	6,256410256	2020-06-27 14:10:42.487	MachineData/100/
876	0	6,456654457	2020-06-27 14:10:42.507	MachineData/100/
877	0	6,334554335	2020-06-27 14:10:42.527	MachineData/100/

Πίνακας 2 (Αποτελέσματα μετρήσεων με 100 Samples/Channel με συχνότητα(Rate) 1000 hz)

ID	USER_ID	VOLTAGE	DATA_DATE	TOPIC
1912	0	-0,302808303	2020-06-27 14:12:55.810	MachineData/10/
1913	0	-0,126984127	2020-06-27 14:12:55.843	MachineData/10/
1914	0	0,170940171	2020-06-27 14:12:55.873	MachineData/10/
1915	0	0,092796093	2020-06-27 14:12:55.893	MachineData/10/
1916	0	0,434676435	2020-06-27 14:12:55.913	MachineData/10/
1917	0	0,107448107	2020-06-27 14:12:55.943	MachineData/10/
1918	0	0,488400488	2020-06-27 14:12:55.963	MachineData/10/
1919	0	0,307692308	2020-06-27 14:12:55.983	MachineData/10/
1920	0	0,239316239	2020-06-27 14:12:56.003	MachineData/10/
1921	0	0,332112332	2020-06-27 14:12:56.023	MachineData/10/
1922	0	0,898656899	2020-06-27 14:12:56.043	MachineData/10/
1923	0	0,43956044	2020-06-27 14:12:56.063	MachineData/10/
1924	0	0,434676435	2020-06-27 14:12:56.083	MachineData/10/
1925	0	0,805860806	2020-06-27 14:12:56.103	MachineData/10/
1926	0	0,908424908	2020-06-27 14:12:56.123	MachineData/10/
1927	0	0,708180708	2020-06-27 14:12:56.143	MachineData/10/
1928	0	0,942612943	2020-06-27 14:12:56.163	MachineData/10/

1929	0	0,766788767	2020-06-27 14:12:56.183	MachineData/10/
1930	0	1,26007326	2020-06-27 14:12:56.203	MachineData/10/
1931	0	1,162393162	2020-06-27 14:12:56.223	MachineData/10/
1932	0	1,440781441	2020-06-27 14:12:56.243	MachineData/10/
1933	0	1,548229548	2020-06-27 14:12:56.263	MachineData/10/
1934	0	1,357753358	2020-06-27 14:12:56.293	MachineData/10/
1935	0	1,372405372	2020-06-27 14:12:56.313	MachineData/10/
1936	0	1,67032967	2020-06-27 14:12:56.333	MachineData/10/
1937	0	1,68009768	2020-06-27 14:12:56.353	MachineData/10/
1938	0	1,870573871	2020-06-27 14:12:56.383	MachineData/10/
1939	0	1,6996337	2020-06-27 14:12:56.403	MachineData/10/
1940	0	1,553113553	2020-06-27 14:12:56.423	MachineData/10/
1941	0	1,958485958	2020-06-27 14:12:56.443	MachineData/10/
1942	0	1,738705739	2020-06-27 14:12:56.463	MachineData/10/
1943	0	1,982905983	2020-06-27 14:12:56.493	MachineData/10/
1944	0	1,641025641	2020-06-27 14:12:56.523	MachineData/10/
1945	0	1,860805861	2020-06-27 14:12:56.543	MachineData/10/
1946	0	2,105006105	2020-06-27 14:12:56.563	MachineData/10/
1947	0	2,315018315	2020-06-27 14:12:56.583	MachineData/10/
1948	0	2,163614164	2020-06-27 14:12:56.613	MachineData/10/
1949	0	2,378510379	2020-06-27 14:12:56.633	MachineData/10/
1950	0	2,266178266	2020-06-27 14:12:56.653	MachineData/10/
1951	0	2,495726496	2020-06-27 14:12:56.673	MachineData/10/
1952	0	2,466422466	2020-06-27 14:12:56.703	MachineData/10/
1953	0	2,608058608	2020-06-27 14:12:56.733	MachineData/10/
1954	0	2,568986569	2020-06-27 14:12:56.753	MachineData/10/
1955	0	2,378510379	2020-06-27 14:12:56.773	MachineData/10/
1956	0	2,598290598	2020-06-27 14:12:56.803	MachineData/10/
1957	0	2,715506716	2020-06-27 14:12:56.823	MachineData/10/
1958	0	2,910866911	2020-06-27 14:12:56.843	MachineData/10/
1959	0	2,622710623	2020-06-27 14:12:56.873	MachineData/10/
1960	0	2,871794872	2020-06-27 14:12:56.893	MachineData/10/
1961	0	3,057387057	2020-06-27 14:12:56.913	MachineData/10/
1962	0	2,783882784	2020-06-27 14:12:56.933	MachineData/10/
1963	0	2,837606838	2020-06-27 14:12:56.953	MachineData/10/
1964	0	3,223443223	2020-06-27 14:12:56.973	MachineData/10/
1965	0	3,120879121	2020-06-27 14:12:56.993	MachineData/10/
1966	0	3,506715507	2020-06-27 14:12:57.013	MachineData/10/
1967	0	3,072039072	2020-06-27 14:12:57.033	MachineData/10/
1968	0	3,531135531	2020-06-27 14:12:57.053	MachineData/10/
1969	0	3,213675214	2020-06-27 14:12:57.073	MachineData/10/
1970	0	3,643467643	2020-06-27 14:12:57.093	MachineData/10/
1971	0	3,306471306	2020-06-27 14:12:57.123	MachineData/10/
1972	0	3,706959707	2020-06-27 14:12:57.133	MachineData/10/
1973	0	3,492063492	2020-06-27 14:12:57.153	MachineData/10/
1974	0	3,78998779	2020-06-27 14:12:57.183	MachineData/10/

1975	0	3,868131868	2020-06-27 14:12:57.203	MachineData/10/
------	---	-------------	-------------------------	-----------------

Πίνακας 3 (Αποτελέσματα μετρήσεων με 10 Samples/Channel με συχνότητα(Rate) 100 hz)