

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ:
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Διπλωματική Εργασία
του φοιτητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής του
Πανεπιστημίου Πατρών

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ του ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

Αριθμός Μητρώου:
5657

Θέμα

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
SysML ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Επιβλέπων

ΚΛΕΑΝΘΗΣ ΘΡΑΜΠΟΥΛΙΔΗΣ

Αριθμός Διπλωματικής Εργασίας:
XXX

Πάτρα, Απρίλιος 2011

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Πιστοποιείται ότι η Διπλωματική Εργασία με θέμα

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ SysML ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Του φοιτητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Τεχνολογίας Υπολογιστών

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΦΕΤΖΗΣτου
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ

Αριθμός Μητρώου:
5657

Παρουσιάστηκε δημόσια και εξετάστηκε στο Τμήμα
Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών
στις
x/ x/ x

Ο Επιβλέπων
ΚΛΕΑΝΘΗΣ ΘΡΑ-
ΜΠΟΥΛΙΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ο Διευθυντής του Τομέα
ΚΛΕΑΝΘΗΣ ΘΡΑ-
ΜΠΟΥΛΙΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Αριθμός Διπλωματικής Εργασίας:

**Θέμα: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ SysML ΣΤΗΝ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Φοιτητής: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ΚΑΦΕΤΖΗΣ	Επιβλέπων: ΚΛΕΑΝΘΗΣ ΘΡΑ- ΜΠΟΥΛΙΔΗΣ
---	---

Περίληψη

***** H Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης (Unified Modeling Language) αποτελεί την πρότυπη και πλέον δημοφιλή γλώσσα για την οπτικοποίηση, προσδιορισμό, ανάπτυξη και τεκμηρίωση συστημάτων λογισμικού και όχι μόνο. Η πλούσια γραφική σημειολογία της UML σε συνδυασμό με τις δυνατότητες μοντελοποίησης που παρέχει, την καθιστούν ικανή να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη ενσωματωμένων συστημάτων. Ωστόσο, στα ενσωματωμένα συστήματα, αλλά και γενικότερα σε συστήματα συγκεκριμένου πεδίου υπάρχουν κάποιοι επιπλέον παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι επεκτάσεις της UML δίνουν τη δυνατότητα αναπαράστασης των βασικών χαρακτηριστικών των ενσωματωμένων συστημάτων. Επιπλέον, παρέχουν νέες μεθόδους σχεδιασμού που επιτρέπουν τον διαμερισμό εφαρμογής και αρχιτεκτονικής, για ένα πιο αποδοτικό και επαναχρησιμοποιήσιμο σύστημα. Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα βασικά στοιχεία της UML καθώς και η χρήση της στην ανάπτυξη ενσωματωμένων συστημάτων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τη UML μοντελοποιείται και αναπτύσσεται η εφαρμογή ελέγχου ενός συστήματος γραμμής παραγωγής, του Festo MPS. Επιπλέον, αναπτύσσεται και υλοποιείται

εφαρμογή εξομοίωσης του φυσικού συστήματος Festo MPS για την επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας της εφαρμογής

ελέγχου.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Σχημάτων	10
Κατάλογος Πινάκων	11
Πρόλογος	13
1 Σύστημα και ενσωματωμένα συστήματα	16
1.1 Εισαγωγή στις έννοιες συστημάτων και ενσωματωμένων	16
1.1.1 Σύστημα	16
1.1.2 Σύστημα Ενσωματωμένο	17
1.2 Η εξέλιξη των συστημάτων σήμερα	18
2 Μοντελοποίηση συστημάτων	20
2.1 Εισαγωγή	20
2.2 Γραφική μοντελοποίηση συστημάτων	26
2.3 Μοντελοποίηση και εφαρμογή σε πεδία ευρύτερα από του υπχανικού	26
2.3.1 Χρησιμοποίηση μοντέλων για τον στρατηγικό σχεδιασμό της απόθεσης πυρονικών αποβλήτων.	26
2.3.2 Ακμάζουσες MBSE μεθοδολογίες	28
3 Γλώσσες μοντελοποίησης συστημάτων	29
3.1 AADL	29
3.2 MARTE	29
3.3 UPDM	29
3.4 AML	29
3.5 SLM	30
3.6 SLDL	30
3.7 Unified Modeling Language - UML	30
3.8 Systems Engineering Modelling Language - SysML	30

4 Γλώσσα SyML	31
4.1 Εισαγωγή	31
4.2 Παρουσίαση διαγραμμάτων [12]	31
4.3 Λογισμικό υποστήριξης	32
4.4 Συσχετιζόμενες εργασίες	32
4.4.1 Σχεδίαση βάση εξομείωσης	32
4.4.2 SoC, SysML and SystemC	32
4.4.3 The processing system paradigm	33
4.4.4 Ανάπτυξη εργαλείων σύνδεσης διαφορετικών επιστημονικών πεδίων και Έρευνα στο μετασχηματισμό μοντέλων από το ένα εργαλείο στο άλλο.	34
5 Πρώτο πεδίο εφαρμογής :	
MPS®System	35
5.1 Παρουσίαση του συστήματος	35
5.1.1 Σταθμός διανομής [5] [30] [29]	38
5.1.2 Σταθμός ελέγχου [10] [30] [29]	43
5.1.3 Σταθμός επεξεργασίας [8] [30] [29]	50
5.1.4 Σταθμός αποθήκευσης [6] [30] [29]	57
5.2 Μοντελοποίηση του συστήματος	60
5.2.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model	60
5.2.2 Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model	60
5.2.3 Μοντέλο Υλοποίησης - Implementation Model	60
5.2.4 Μοντέλο Συστήματος Ελέγχου	61
5.3 Έλεγχος του συστήματος ελέγχου του Festo MPS	63
6 Δεύτερο πεδίο εφαρμογής :	
Takos System	65
7 Συμπεράσματα	66
7.1 Συμφωνούμε με τα παρακάτω	66
7.2 Σχεδίαση βάση εξομείωσης	67
7.3 SoC, SysML and SystemC	68
7.4 The processing system paradigm	68
7.5 Ανάπτυξη εργαλείων σύνδεσης διαφορετικών επιστημονικών πεδίων και Έρευνα στο μετασχηματισμό μοντέλων από το ένα εργαλείο στο άλλο.	69
8 Προοπτικές	70
Παραρτήματα	71

A' Festo MPS®System	72
A'.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model	72
A'.1.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex	72
A'.1.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package	75
A'.1.3 Πακέτο δομής - Structure package	82
A'.1.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package	83
A'.2 Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model	89
A'.2.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex	89
A'.2.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package	94
A'.2.3 Πακέτο δομής - Structure package	105
A'.2.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package	116
A'.3 Μοντέλο Υλοποίησης -Design Model	129
A'.3.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex	129
A'.3.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package	160
A'.3.3 Πακέτο δομής - Structure package	160
A'.3.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package	169
A'.4 Εξομοιωτής Festo MPS®	170
B' Takos System	172
B'.1 Takos 1	172
B'.1.1 Takos 1.1	172
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	173
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία	177
Γλωσσάρι	179
Συντομογραφίες	181
Λεξικό αγγλικών όρων	183
Ευρετήριο	185

Κατάλογος σχημάτων

5.1	Το πλήρες σύστημα Festo MPS®	36
5.2	Το σύστημα Festo MPS® χωρίς τον τελικό σταθμό αποθήκευσης [15]	36
5.3	Οι πρώτες ύλες της γραμμής παραγωγής	37
5.4	Ο σταθμός διανομής [7]	39
5.5	Η στοίβα αποθήκευσης [9]	39
5.6	Η μονάδα μεταφοράς [4]	40
5.7	Γραφική απεικόνιση της στοίβας αποθήκευσης [30]	41
5.8	Γραφική απεικόνιση της μονάδας μεταφοράς [30]	42
5.9	Ο σταθμός ελέγχου [7]	44
5.10	Η μονάδα αναγνώρισης [10]	46
5.11	Η μονάδα ανύψωσης [10] (στη δεύτερη εικόνα εμφανίζεται ο οδηγός καλωδίων στον οποίο τοποθετούνται τα πλεκτρικά καλώδια και οι σωλήνες μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα)	46
5.12	Σχηματική απεικόνιση της μονάδας μέτρησης [30]	47
5.13	Η μονάδα μέτρησης [10]	48
5.14	Η μονάδα κύλισης με εξοικάλυνση αέρα [10]	48
5.15	Σχηματική απεικόνιση της μονάδας κύλισης με εξοικάλυνση αέρα [30]	49
5.16	Η μονάδα κύλισης [10]	49
5.17	Ο σταθμός επεξεργασίας [7]	54
5.18	Η μονάδα διάτροψης [8]	54
5.19	Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας διάτροψης [30] Παραπορείται ότι το τρυπάνι κινείται με τη βοήθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με πλεκτρικό κινητήρα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη όπως αυτή τεκμηρώνεται στο [8]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	55
5.20	Η μονάδα ελέγχου http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/project-kits/components-modules/testing-module.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC43MTAuMzk0MQ	55

5.21 Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας ελέγχου [30] Παρατηρείται ότι η ακίδα κινείται με τη βοήθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με πλεκτρομαγνητική διάταξη όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη όπως αυτή τεκμηριώνεται στο [8]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	56
5.22 Ο σταθμός αποθήκευσης [30] Παρατηρείται ότι η διάταξη μεταφοράς περιλαμβάνει βεντούζα και όχι δαγκάνα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη ως συνδυασμό των [6] και [30] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	58
5.23 Ο σταθμός αποθήκευσης [7] Παρατηρείται ότι η διάταξη μεταφοράς κινείται σε έναν άξονα μόνο και αντί για στοίβες διαδέτει πλατφόρμες κύλισης σε αντίθεση με το κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη ως συνδυασμό των [6] και [30] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	58
A'.1 Η δομή του μοντέλου Σύλληψης	73
A'.2 Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Σύλληψης	74
A'.3 Οι ρόλοι του μοντέλου Σύλληψης	74
A'.4 Η οργάνωση των απαιτήσεων στο μοντέλο Σύλληψης	76
A'.5 Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Σύλληψης	77
A'.6 Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλληψης	78
A'.7 Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλληψης	79
A'.8 Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλληψης	80
A'.9 Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλληψης	81
A'.10 To bdd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	83
A'.11 To ibd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	83
A'.12 Η οργάνωση του πακέτου λειτουργίας του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	84
A'.13 Οι καταστάσεις λειτουργίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	85
A'.14 Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	86

A'.15 Η οργάνωση των Ενεργειών του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	87
A'.16 Οι ενέργειες του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	87
A'.17 Το αφαιρετικό διάγραμμα ακολουθίας του μοντέλου Σύλληψης	88
A'.18 Το διάγραμμα της κύριας ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	88
A'.19 Η δομή του μοντέλου Ανάλυσης	90
A'.20 Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Ανάλυσης	91
A'.21 Η σχέση του συστήματος με τον χώρο υλοποίησης του στο μοντέλο Ανάλυσης	92
A'.22 Οι ρόλοι του μοντέλου Ανάλυσης	92
A'.23 Οι όψεις του μοντέλου Ανάλυσης	93
A'.24 Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Ανάλυσης	93
A'.25 Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης	95
A'.26 Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	95
A'.27 Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο σύλληψης	96
A'.28 Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	97
A'.29 Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	97
A'.30 Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	98
A'.31 Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	99
A'.32 Οι απαιτήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	99
A'.33 Οι απαιτήσεις του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	100
A'.34 Οι απαιτήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	100
A'.35 Οι απαιτήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	101
A'.36 Η πλήρωση των απαιτήσεων του μοντέλου Σύλληψης	101
A'.37 Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	102

A'.38Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	102
A'.39Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	103
A'.40Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	103
A'.41Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	104
A'.42Η ιεραρχική διάρθρωση των βασικών δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης	106
A'.43Η ιεραρχική διάρθρωση των δευτερευόντων δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης	107
A'.44Οι τεκμηριώσεις των ροών στο μοντέλο Ανάλυσης	107
A'.45Οι τεκμηριώσεις των διεπαφών στο μοντέλο Ανάλυσης	108
A'.46Το bdd του Festo Mps στο μοντέλο Ανάλυσης	108
A'.47Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης	108
A'.48Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις γραμμές ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	109
A'.49Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις διεπαφές στο μοντέλο Ανάλυσης	109
A'.50Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στην ενέργεια στο μοντέλο Ανάλυσης	110
A'.51Το bdd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	110
A'.52Το ibd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	110
A'.53Το bdd του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	111
A'.54Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης	111
A'.55Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στον έλεγχο στο μοντέλο Ανάλυσης	111
A'.56Το ibd της μονάδας αναγνώρισης στο μοντέλο Ανάλυσης	112
A'.57Το bdd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	112
A'.58Το ibd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	112
A'.59Το bdd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	113
A'.60Το ibd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	114
A'.61Το bdd του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	114
A'.62Το ibd του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	115
A'.63Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	117

A'.64 Το διάγραμμα καταστάσεων του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	118
A'.65 Το διάγραμμα ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	119
A'.66 Το διάγραμμα ακολουθίας για την ενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	119
A'.67 Το διάγραμμα ακολουθίας για την αρχικοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	120
A'.68 Το διάγραμμα ακολουθίας για τον τερματισμό εκκίνησης του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	121
A'.69 Το διάγραμμα ακολουθίας για την απενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	121
A'.70 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού διανομής στο μο- ντέλο Ανάλυσης	122
A'.71 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού διανομής στο μο- ντέλο Ανάλυσης	122
A'.72 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ελέγχου στο μο- ντέλο Ανάλυσης	123
A'.73 Το διάγραμμα καταστάσεων του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	123
A'.74 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού ελέγχου στο μο- ντέλο Ανάλυσης	124
A'.75 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	124
A'.76 Το διάγραμμα καταστάσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	125
A'.77 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	126
A'.78 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	127
A'.79 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	127
A'.80 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ενέργειας στο μο- ντέλο Ανάλυσης	128
A'.81 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	129
A'.82Η δομή του μοντέλου Υλοποίησης	130
A'.83Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Υλοποίησης	131
A'.84Οι ρόλοι του μοντέλου Υλοποίησης	131
A'.85Οι όψεις του μοντέλου Υλοποίησης	132
A'.86Τα λοιπά στοιχεία του μοντέλου Υλοποίησης	133

A'.87Οι "απαριθμίσεις" του μοντέλου Υλοποίησης	133
A'.88Η τεκμηρίωση των ροών του μοντέλου Υλοποίησης	134
A'.89Οι κατηγορίες των υπό μέτρηση μεγεθών του μοντέλου Υλοποίησης	135
A'.90Οι μονάδες μέτρησης του μοντέλου Υλοποίησης	136
A'.91Τα υπό μέτρηση μεγέθη του μοντέλου Υλοποίησης	136
A'.92Το bdd των πρώτων υλών στο μοντέλο Υλοποίησης	136
A'.93Η κατάταξη των συκευών στο μοντέλο Υλοποίησης	137
A'.94Η ιεραρχική διάρθρωση των αισθητήρων στο μοντέλο Υλοποίησης	137
A'.95Οι αναλογικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	138
A'.96Οι μαγνητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	138
A'.97Οι τερματικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	139
A'.98Οι επαγγελματικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	139
A'.99Οι χωρητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	139
A'.10Ωι αισθητήρες κενού του μοντέλου Υλοποίησης	140
A'.10Δι αισθητήρες ανάκλασης του μοντέλου Υλοποίησης	140
A'.10Φι αισθητήρες φωτοκύτταρου του μοντέλου Υλοποίησης .	141
A'.10Θι αισθητήρες διάχυσης του μοντέλου Υλοποίησης	141
A'.10Η ιεραρχική διάρθρωση των ενεργοποιητών στο μοντέλο Υλοποίησης	142
A'.10Φι πνευματικοί κύλινδροι του μοντέλου Υλοποίησης	143
A'.10Θι βαλβίδες χωρίς επιστροφή του μοντέλου Υλοποίησης .	143
A'.10Δι βαλβίδες μίας κατεύθυνσης του μοντέλου Υλοποίησης	144
A'.10Φι βαλβίδες 5/3 του μοντέλου Υλοποίησης	144
A'.10Φι βαλβίδες 5/2 του μοντέλου Υλοποίησης	144
A'.11Ωτα πλεκτρικά ρελέ του μοντέλου Υλοποίησης	145
A'.11ΙΟι ελεγκτές πλεκτρικών βαλβίδων του μοντέλου Υλοποί- ησης	145
A'.11ΖΗ ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων μεταφοράς στο μο- ντέλο Υλοποίησης	146
A'.11Ωι μονάδες μεταφοράς με βεντούζα κενού του μοντέλου Υλοποίησης	147
A'.11ΔΙΟι μονάδες μεταφοράς με δαγκάνα του μοντέλου Υλο- ποίησης	147
A'.11ΟΙ μονάδες ανύψωσης του μοντέλου Υλοποίησης	148
A'.11ΦΙ ηλεκτρικές κύλισης του μοντέλου Υλοποίησης	148
A'.11ΖΟι ηλεκτρικές κύλισης με εξομάλυνση αέρα του μοντέ- λου Υλοποίησης	149
A'.11ΩΙ συσκευές επικοινωνίας στο μοντέλο Υλοποίησης	150

A'.11Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων λειτουργίας στο μοντέλο Υλοποίησης	151
A'.12Φι μονάδες διάτροπης του μοντέλου Υλοποίησης	151
A'.12Θι μονάδες μέτρησης βάθους του μοντέλου Υλοποίησης	152
A'.12ΖΗ ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων λογισμικού στο μοντέλο Υλοποίησης	152
A'.12ΞΗ ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης	153
A'.12ΗΗ ιεραρχική διάρθρωση των λοιπών μονάδων στο μοντέλο Υλοποίησης	154
A'.12Φι βραχίονες στο μοντέλο Υλοποίησης	154
A'.12Θι στοίβες στο μοντέλο Υλοποίησης	155
A'.12Δι βάσεις στοιβών στο μοντέλο Υλοποίησης	155
A'.12Βάσεις στο μοντέλο Υλοποίησης	156
A'.12Φι βεντούζες στο μοντέλο Υλοποίησης	157
A'.13Φι συγκριτές στο μοντέλο Υλοποίησης	157
A'.13Δι μονάδες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	157
A'.13Φι κινητήρες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	158
A'.13Φι πλεκτρικοί κινητήρες στο μοντέλο Υλοποίησης	158
A'.13Τα φίλτρα αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	158
A'.13Δι γεννήτριες κενού στο μοντέλο Υλοποίησης	159
A'.13ΗΗ δομή του Festo MPS στο μοντέλο Υλοποίησης	160
A'.13ΗΗ ιεραρχική διάρθρωση των σταθμών στο μοντέλο Υλοποίησης	161
A'.13ΦΗ δομή του σταθμού διανομής στο μοντέλο Υλοποίησης	162
A'.13ΗΗ εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τις πρώτες ύλες στο μοντέλο Υλοποίησης	163
A'.14ΦΗ εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τον έλεγχο στο μοντέλο Υλοποίησης	164
A'.14ΗΗ εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	164
A'.14ΖΗ εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή πλεκτρικής ενέργειας στο μοντέλο Υλοποίησης	165
A'.14ΞΗ δομή του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Υλοποίησης	166
A'.14ΔΗ δομή του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Υλοποίησης	167
A'.14ΗΗ δομή του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης	168
A'.14ΦΗ γραφική διεπαφή του εξομοιωτή	171

Κατάλογος πινάκων

5.1	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού διανομής	42
5.2	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού ελέγχου	50
5.3	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού επεξεργασίας	52
5.4	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού αποθήκευσης	59
5.5	Αισθητήρες και ενεργοποιητές του Festo MPS	61

Πρόλογος

Ο μηχανικός ανέκαθεν είχε και έχει ως αποστολή την παραγωγή συστημάτων και την κατασκευή υλικών σωμάτων -με την ευρεία έννοια για την ικανοποίηση αναγκών και επιθυμιών του ανθρώπου και του κοινωνικού συνόλου. Στη σύγχρονη όμως εποχή, τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από αυξημένη πολυπλοκότητα και τα δομικά τους στοιχεία προέρχονται από πολλαπλά επιστημονικά πεδία. Το γεγονός αυτό συνδυαζόμενο με την απαίτηση για πλήρη ικανοποίηση του σκοπού παραγωγής τους, για μείωση του χρόνου παραγωγής τους, για μείωση των αποτυχιών και των δυσχερειών που παρουσιάζονται στις διάφορες φάσεις υλοποίησης καθώς και στο πέρασμα από τη μία φάση στην άλλη και τέλος λαμβάνοντας υπόψιν την απαίτηση για εύκολη βελτίωση και εξέλιξη των εν λειτουργία συστημάτων αναπτύχθηκε η έννοια του Μηχανικού Συστημάτων.

Από τα μέσα του 20ού αιώνα άρχισε να αναπτύσσεται η θεωρία της μηχανικής συστημάτων δίνοντας λύση σε αρκετά προβλήματα που παρουσιάζονταν στην παραγωγή. Μια από τις τελευταίες τεχνικές που αναπτύχθηκαν από τη θεωρία αυτή είναι η Διαγραμματική μοντελοποίηση συστημάτων. Χρησιμοποιώντας διάφορα διαγράμματα περιγράφουμε το σύστημα που μας ενδιαφέρει. Αναλύουμε τη δομή του, τις διάφορες καταστάσεις στις οποίες μπορεί να επέλθει, την συμπεριφορά του στο χρόνο, την αλληλεπίδραση που επιδικνύει με το περιβάλλον κ.ο.κ.. Ανάμεσα στα εργαλεία που υλοποιούν την γραφική μοντελοποίηση είναι και η Systems Modeling Language (SysML) -Γλώσσα Μοντελοποίησης Συστημάτων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάμε τη χρησιμότητα της διαγραμματικής μοντελοποίησης και δει της γλώσσας SysML στην κατασκευή ενσωματωμένων συστημάτων. Θα προσπαθήσουμε να ελέγ-

ξουμε τις δυνατότητες της αναφορικά με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των συστημάτων συγκεκριμένου πεδίου. Δηλαδή θα εξετάσουμε πως μπορεί η γλώσσα αυτή να περιγράψει συστατικά όπως μικροεπεξεργαστές, αισθητήρες, ενεργοποιητές αλλά και λογισμικό. Μπορεί η SysML να αναπαραστήσει επαρκώς την αλληλεπίδραση των δομικών αυτών στοιχείων; Επιπλέον, θα μελετηθεί η δυνατότητά της να μεταφέρει με πιστότητα και ευκρίνεια τα στοιχεία του μοντέλου σε όλους τους εμπλεκόμενους -πλεκτρολόγους, προγραμματιστές, χρήστες κ.λ.π..

Κεφάλαιο 1 Αναλύεται η έννοια του συστήματος και το επιστημονικό πεδίο των ενσωματωμένων συστημάτων. Εισάγονται βασικές έννοιες και δίδονται θεμελιώδεις ορισμοί για το αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Επιπλέον παρατείνεται η ιστορική εξέλιξη των συστημάτων και των ενσωματωμένων και αναφέρεται το σημερινό πλαίσιο δραστηριοποίησης τους.

Κεφάλαιο 2 Τεκμηριώνεται ο ορισμός της μοντέλοποίησης συστημάτων και η χρησιμότητα αυτής στο μηχανικό συστημάτων. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνικής αυτής και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται. Στη συνέχεια παρατίθενται οι κυριότερες μεθοδολογίες μοντέλοποίησης συστημάτων με μία σύντομη ανάλυση τους.

Κεφάλαιο 3 Ως λογική συνέχεια του προηγουμένου κεφαλαίου παρουσιάζονται οι κυριότερες γλώσσες μοντέλοποίησης συστημάτων με τα κυριότερα στοιχεία τους τους. Επιπλέον τεκμηριώνεται η επιλογή της SysML για την εργασία αυτή.

Κεφάλαιο 4 Στο κεφάλαιο αυτό επιχειρείται μία αναλυτική εισαγωγή στη SysML. Παρουσιάζονται κάποια ιστορικά στοιχεία, τα δομικά διαγράμματα από τα οποία αποτελείται και πώς αυτά αξιοποιούνται μέσα από τη λογική της.

Κεφάλαιο 5 Αρχικά δίνεται μια γενική περιγραφή του συστήματος και στη συνέχεια περιγράφεται η κάθε μονάδα αναλυτικά. Στη συνέχεια παρατίθεται η σχεδίαση του συστήματος με τη γλώσσα SysML και αναπτύσσονται τα μοντέλα που κατασκευάστηκαν για το σκοπό

Κεφάλαιο 0

αυτό. Η πλήρη υλοποίηση του συστήματος αυτού παρουσιάζεται στο παράρτημα Α'.

Κεφάλαιο 6 Η πλήρη υλοποίηση του συστήματος αυτού παρουσιάζεται στο παράρτημα Β'. *****

Κεφάλαιο 7 Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την διπλωματική εργασία. Αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που επιβεβαιώθηκαν από την εφαρμογή της Sysml καθώς και οι διαπιστώσεις του γράφοντα από την εμπειρία της κατασκευής των δύο συστημάτων.

Κεφάλαιο 8 Καταγράφονται οι προοπτικές της μοντελοποίησης συστημάτων και πιο συγκεκριμένα της γλώσσας περιγραφής Sysml όπως αυτές προκύπτουν από εργασίες επιστημόνων και μηχανικών καθώς και πώς μπορεί να εξελιχθούν τα συμπεράσματα της διπλωματικής αυτής εργασίας.

Ολοκληρώνοντας, ακολουθούν τα παραστήματα των δύο περιπτώσεων χρήσης όπου παρατίθενται τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν για την υλοποίησή τους και οποιαδήποτε επιπλέον πληροφορία. Ακολουθεί ελληνόγλωσση και ξενόγλωσση βιβλιογραφία -8 και 8-, γλωσσάρι 8, λίστα συντομογραφιών 8, λεξικό αγγλικών όρων 8 και ευρετήριο 8.

Κεφάλαιο 1

Σύστημα και ενσωματωμένα συστήματα

Πριν προχωρήσουμε σε οποιαδήποτε ανάλυση πρέπει να διασαφηνιστούν οι όροι σύστημα και ενσωματωμένο σύστημα.

1.1 Εισαγωγή στις έννοιες συστημάτων και ενσωματωμένων

1.1.1 Σύστημα

Σύστημα είναι

Από τη NASA έχουμε τον εξής ορισμό [1] :

- 1 The combination of elements that function together to produce the capability to meet a need. The elements include all hardware, software, equipment, facilities, personnel, processes, and procedures needed for this purpose.
- 2 The end product (which performs operational functions) and enabling products (which provide life-cycle support services to the operational end products) that make up a system.

Από τη INCOSE έχουμε τον εξής ορισμό [20] :

A system is a thing built from many other things, components, which interact for a common purpose. If an engineer is to define a system he must describe its context, its behavior or purpose, and its structure.

Από τη EIA έχουμε τον εξής ορισμό [13]:

A system is one or more end products and sets of related enabling products that allow end products, over their life cycle of use, to meet stakeholder needs and expectations

1.1.2 Σύστημα Ενσωματωμένο

Ενσωματωμένο σύστημα είναι

Systems Engineering is an interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems. It focuses on defining customer needs and required functionality early in the development cycle, documenting requirements, and then proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem. Systems Engineering considers both the business and the technical needs of all customers with the goal of providing a quality product that meets the user needs. [16]

Multilanguage solutions are required for the design of heterogeneous systems where different parts belong to different application classes e.g. control/data or continuous/discrete. The main problem that needs to be solved when dealing with multilanguage design is the refinement of communication between heterogeneous subsystems. This paper discusses the basic concepts of multilanguage design and introduces MUSIC a Multilanguage design approach. The paper also shows the application of this approach in the case of a mechatronic system. [11]

The use of a multilanguage specification requires new validation techniques able to handle a multiparadigm model. Instead of simulation we will need cosimulation and instead of verification we will need coverification. Additionally, multilanguage specification brings about the issue of interfacing subsystems which are described in different languages. [26]

The goal of any language designed to support system modeling must be to bring together heterogeneous information in a common language environment. Central to these problems is that different design domains employ radically different knowledge in their representation and reasoning about models. The language must provide modeling support for different design domains employing semantics and syntax appropriate for those domains. At present, there is no complete language available for system modeling but work for developing such a language is in progress. One such language being developed is system modeling language (SysML) [3]. SysML is a new general-purpose modeling language based on UML that can be used for specifying requirements, system structure and functional behavior but SysML doesn't support complete testing, comprehensive verification and validation or fully executable functional behavior. [26]

The Navy in conjunction with Northrop Grumman performed a modularity study focusing on the new cruiser design, CG(X). The study found that systems architecture development is critical for modularity and a necessary step in the design process to meet modularity demands. [27]

The discipline of Systems Engineering has emerged in response to ever increasing system complexity. It drives the balanced development of systems in terms of cost, schedule, performance, and risk and verifies that the technical solutions satisfy customer requirements. Systems Engineering has been proven as an effective way to manage complex and often technologically challenging problems. [27]

1.2 Η εξέλιξη των συστημάτων σήμερα

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μία εκθετική αύξηση του με-

Κεφάλαιο 1

γέθους και της πολυπλοκότητας των συστημάτων. Στη δεκαετία του 1980 και ιδιαίτερα στις αρχές του 1990 άρχισε μία προσπάθεια συστηματοποίησης των μεθοδολογιών σχεδίασης και κατασκευής συστημάτων. [2]

Κεφάλαιο 2

Μοντελοποίηση συστημάτων

2.1 Εισαγωγή

Οι παραδοσιακές μεθόδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη συστημάτων οδηγούν σε λύσεις που ανταποκρίνονται σε σταθερές και δυσκολα τροποποιήσιμες προδιαγραφές. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψιν τη δυναμικότητα των σύγχρονων συστημάτων και την ταχύτητα με την οποία αλλάζουν οι προδιαγραφές, τα συστήματα αυτά αποδεικνύνται κοστοβόρα όσον αφορά την συντηρησή τους και τελικά ανεπαρκή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο προυπολογισμός των ανοκλήρωτων και καθυστερημένων έργων. Σύμφωνα λοιπόν με τη δημοσίευση του Mogyorodi στο περιοδικό Crosstalk, the Journal of Defense Software Engineering το 2003 [19] 84 δισεκατομμύρια δολλάρια δαπανήθηκαν σε έργα τα οποία ποτέ δεν ολοκληρώθηκαν και 192 δισεκατομμύρια δολλάρια σε έργα τα οποία ξεπέρασαν τα χρονικά όρια και τον προυπολόγισμό τους.

Τονίζοντας ότι τα αποτελέσματα αυτά δεν οφείλονται στην μη σωστή εφαρμογή των παραδοσιακών μεθόδων, αλλά στην ανεπάρκεια των μεθόδων αυτών καθεαυτών [3], τα δεδομένα αποτυχίας υποδεικνύουν ότι οι πρακτικές και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται πρέπει να αλλάξουν. Οφείλουν να αντικατασταθούν από μεθόδους που λαμβάνουν υπόψιν τους το κόστος, τα επιβαλλόμενα χρονοδιαγράμματα, τη δυναμικότητα με την οποία αλλάζουν οι προδιαγραφές και κυρίως την τάχιστη μετεξέλιξη των συστημάτων. Επιπλέον οι καινούριες πρακτικές πρέπει να περιλαμβάνουν στενότερη συνεργασία μεταξύ των δια-

Κεφάλαιο 2

φόρων πεδίων που συμμετέχουν στην ανάπτυξη συστημάτων καθώς και μεταξύ των ίδιων των ανθρώπων που αναπτύσσουν τα συστήματα αυτά.

Οι μηχανικοί συστημάτων χρησιμοποιούν το μοντέλο ως εργαλείο για την καλύτερη κατανόηση του υπό κατασκευή συστήματος, για την ελαχιστοποίηση των διαφορετικών ερμηνειών μεταξύ των εμπλεκόμενων γνωστικών πεδίων, για να εξακριβώσουν την ορθότητα των αποφάσεών τους και εν τέλει για την παράδοση ενός ολοκληρωμένου και σωστού συστήματος. Τ

[25]

The closed loop nature of whole process helps in going back and forth from requirements to concepts and then to solution phase (where functionality is designed) to ensure that the detailed design of the final product/service has characteristics as intended and perceived in the requirements. However effective follow up of this design process by the different participating design teams is a crucial factor in obtaining the final product. This was the major drawback of a document based approach due to inherent difficulties in maintaining the consistency and validity of the documents by the different design teams. The shortcomings of the document based approach are addressed by the concept of model based systems engineering (MBSE), where it is possible to maintain a good synchronization between system requirements and the evolving design (at various phases of the design process). [24]

MBSE has been an initiative of the International Council of Systems Engineers (INCOSE) and promises to be a more rigorous and effective means of developing complex systems. At the heart of MBSE is requirements traceability and enhanced communication. It also has the potential to improve decision making by providing accurate change assessments and by quantifying design options in terms of cost and risk. [27]

One of the primary benefits of systems architecture development and model-based systems engineering is the ability to communicate clearly using a language that reaches out to all stakeholders. Stakeholders

have different experiences and backgrounds, some are subject matter experts and some are not, and using a common system design language will bridge communications gaps between the experts and the systems engineers (or the Navy and the shipbuilder). Often knowing what to build, which includes requirements elicitation, technical specification, and prioritization, is the most difficult systems engineering phase in the life cycle. MBSE serves to mitigate ambiguity and promote consistency of thought and expression across the entire program team. [27]

Models have many purposes, but the primary role in systems architecting is communication. [27]

Purpose. System engineers build models to better understand problems, develop candidate solutions, and validate their decisions. Different kinds of models are built to help focus on the appropriate set of questions that need answering in order to find the most reliable and cost effective solutions and to qualify the design against its requirements. The following model types are commonly used:

- **Schematic Model:** A chart or diagram, having an underlying machine-readable representation, which shows object relationships, structure, time sequencing of actions (e.g., organizational chart, spec tree, operational sequence diagram, interface diagram, state diagram, PERT network diagram, functional-flow block diagram).
- **Performance Model:** An executable structure which represents system response to external stimuli.
- **Design Model:** A machine interrogable version of the system detailed design, usually represented by CAD drawings, VHDL, C, etc.
- **Physical model:** Tangible physical equivalents used for reality experimentation and demonstration (e.g., DNA model or model airplane in a wind tunnel.)

Further, experience has shown that traditional requirements-driven methodologies result in systems that are limited in their capability to self-modify in response to evolving mission or business needs, brittle

and difficult to manage in adapting to new requirements, and expensive to maintain over an entire product life cycle.

Development of a model-driven approach must therefore take into account the interdependencies of “hard” (e.g., engineering, mathematics, computability) and “soft” (e.g., organizational behavior, human-machine interaction, training) areas. [2]

Για τους παραπάνω λόγους άρχισε μία ευρεία προσπάθεια για να βρεθούν μεθοδολογίες και εργαλεία μοντελοποίησης συστημάτων και συγκεκριμένα από το 1998 παρατηρούμε πληθώρα δημοσιεύσεων. Επιχειρείται να μοντελοποιήσουν συστήματα με χρησιμοποιώντας υπάρχοντα εργαλεία. Χαρακτηριστική είναι η εργασία των Gautam Sachdeva et. al. [26] όπου γίνεται προσπάθεια να μοντελοποιηθεί δίκτυο παρακολούθησης της κινητικότητας νεογέννητων βασιζόμενο σε ασύρματους αισθητήρες. Στην εργασία αυτή δεν γίνεται χρήση κάποιας γλώσσας που έχει αναπτυχθεί ειδικά για την ανάπτυξη μοντέλων. Αντίθετα χρησιμοποιείται η γλώσσα SpecC, μία εξέλιξη της Ansi C χρησιμοποιούμενη ειδικά για την τεκμηρίωση και το σχεδιασμό ενσωματωμένων ψηφιακών συστημάτων αποτελούμενα από υλικό και λογισμικό. Η γλώσσα αυτή ανήκει στην κατηγορία SSDL -System-Level Design Languages- και η παραπάνω εργασία καταδεικνύει της ελλείψεις της, την περιορισμένη σημειολογία και την ανεπάρκειά της για την περιγραφή όλων των επιστημονικών πεδίων, όπως των αναλογικών εξαρτημάτων.

Για τις πρακτικές που χρησιμοποιούν σαν δομικό τους στοιχείο το μοντέλο έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς ποικίλοι ορισμοί. π.χ. Mdsd [2],.....

Benefits of MDSD over textual approaches accrue from two essential features of a good model: [2]

- **Expressiveness** This is the power to express complex information in ways that are easily understood. Models can achieve this expressive power through physical representations, graphics, animation, 3-D representations, and the use of color.

- **Rigor** Compared with textual representations, executable models provide clear and unambiguous definitions of behavior, capability or design. This is a consequence of the usual practice of building hierarchical models from primitives that are both rigorous and unambiguous.

Customer Benefits Customers benefit from better overall cost, schedule and technical performance on programs. This primarily from improved customer/supplier communications. Improved communications have the following forms: [2]

- More effective translation of user needs into program requirements via the expressiveness and rigor of models. This means that customers are more likely to get what is needed, as opposed to what is specified in textual documents, which may be both voluminous and flawed.
- Improved visibility into program performance because these results can be available continuously throughout the program; they are not just snapshots which are studied in formal program reviews. There is also the potential for results of executable models to be more intuitively understandable Early problem discovery leads to collaborative solutions between customer and supplier. These solutions can be incorporated much more effectively as the program proceeds, rather than during the crisis atmosphere of final system sell-off.
- Issues and trades are visible to support decision making.
- Greater supplier accountability results from inherent progress visibility.
- Availability of validated models for qualified components encourages reuse.

Supplier Benefits Because of the expressiveness of the models, intra-program communications can improve dramatically. Using text-based processes with IPTs can result in a great amount of time spent reaching a common understanding of the design between and among the different disciplines comprising the IPT. If models are jointly developed in a concurrent engineering environment and shared across an electronic

network, this communications demand on design engineers can be greatly reduced. For the greatest benefit, several modern concepts may be integrated with the modeling process. These include concurrent engineering, object oriented design, and on-line communications between program engineers. Supplier benefits can be enumerated as follows: [2]

- Hierarchical decomposition of models supports visibility of information at its level of relevance. The associated "de-cluttering" of design information is extremely effective in enabling engineers to "see" the critical issues at a particular design level.
- More exhaustive search for optimal solutions is possible.
- Rigor of the models helps to avoid ambiguities, mistakes, and rework.
- Status of designs, processes and compliance is visible and traceable as a direct result of the model.
- Models provide linkage between hardware, software, and other design elements. This is important throughout the life cycle. It enables system level interfacing errors to be identified early and avoids surprises during the Design Qualification phase.
- Reuse benefits are similar to those for the customer.

The purpose for describing the DOD acquisition process is to highlight the fact that the current acquisition strategy is strictly document-driven, based on traditional programmatic review techniques. Figure 7 illustrates the emphasis of documentation in the 2-pass, 6-gate process as the deliverable for decision milestones and gate review. Key acquisition documents include the Initial Capabilities Document (ICD), the Analysis of Alternatives (AoA), the Concept of Operations (CONOPS), the Capabilities Development Document (CDD), the Capabilities Production Document (CPD), the System Design Specification (SDS), the Test and Evaluation Master Plan (TEMP), the Acquisition Program Baseline (APB), and the contract. □The purpose of life-cycle reviews in the traditional development environment was to synchronize a program's cost, schedule, and technical baselines in order to review the program in its entirety. Such reviews necessarily relied upon paper documents because of the inability of early information systems to provide electronic reviews of such programs.

Hence a practice of paper-oriented lifecycle reviews was built around available technology, and this practice continues to this day. [3]

Η μοντελοποίηση πρέπει να σταματάει σε κάποιο επίπεδο λεπτομέρειας. Η μοντελοποίηση δεν είναι αυτοσκοπός. Είναι είναι εργαλείο για την καλύτερη μελέτη, ανάλυση και σχεδίαση του τελικού πραγματικού συστήματος.

2.2 Γραφική μοντελοποίηση συστημάτων

Η γραφική απεικόνιση συστημάτων και κυρίως των μοντέλων τους αποτελεί τεχνική με στόχο την αντιμετώπιση της αυξανόμενης πολυπλοκότητας που παρουσιάζεται στο σχεδιασμό και συντήρηση μεγάλων και σύνθετων συστημάτων. Ευελπιστεί να βελτιώσει την επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των ομάδων που αλληλεπιδρούν στο σχεδιασμό -μηχανικοί- και στη χρήση -τελικοί χρήστες, εταιρία προώθησης αυτού. [28]

2.3 Μοντελοποίηση και εφαρμογή σε πεδία ευρύτερα από του μηχανικού

Για να τονίσουμε την αξία της μοντελοποίησης συστημάτων και μη και κυρίως τα θετικά αποτελέσματα που έχει η εφαρμογή της παραθέτουμε κάποιες περιπτώσεις που αναδεικνύουν τα παραπάνω.

2.3.1 Χρησιμοποίηση μοντέλων για τον στρατηγικό σχεδιασμό της απόθεσης πυρηνικών αποβλήτων.

Σύμφωνα με τον Loyd Baker και τη Vitech Corporation [18] ο σχεδιασμός της απόθεσης πυρηνικών αποβλήτων από της πυρηνικές εγκαταστάσεις του ποταμού Savannah στη Νότια Καρολίνα προσεγγίστηκε με μεθοδολογίες βασιζόμενες στο μοντέλο και σε πρακτικές του μηχανικού συστημάτων.

Κεφάλαιο 2

Τα αποτελέσματα της επιλογής αυτής συνοψίζονται στα παρακάτω :

- Η χρησιμοποίηση μοντέλων βελτίωσε την ιχνηλασμότητα των προδιαγραφών της διαδικασίας σε σχέση με τη χρησιμοποίηση απλού κειμένου. Επίσης είχε σημαντική επίδραση στην εξέλιξη των προδιαγραφών καθώς γίνονταν πιο λεπτομερής και πολύπλοκες και τέλος στο συσχετισμό τους με συγκεκριμένες εσωτερικές ενέργειες της διαδικασίας.
- Η γραφική απεικόνιση της διαδικασίας και της ροής των επιμέρους ενεργειών επέτρεψε την παράλληλη και ταυτόχρονη ενημέρωση των μπχανικών και των μη μπχανικών λόγω της απλότητας και της ευκρίνειας της παρουσίασης.
- Η αποσαφήνιση των ενεργειών και των ροών τους και η ανάθεσή τους σε φυσικές οντότητες (πρόσωπα, μπχανίματα, εξαρτήματα κ.ά.) οδήγησε στην εύκολη και γρήγορη καταγραφή των απαιτούμενων διεπαφών μεταξύ τους.
- Τέλος, η αυτόματη παραγωγή της τεκμηρίωσης του μοντέλου μείωσε αισθητά το χρόνο και το κόστος της συγγραφής αναφορών και διαγραμμάτων.

section Μεθοδολογίες μοντελοποίησης συστημάτων

2.3.2 Ακμάζουσες MBSE μεθοδολογίες

IBM Telelogic Harmony-SE

INCOSE Object-Oriented Systems Engineering Method (OOSEM)

**IBM Rational Unified Process for Systems Engineering (RUP SE)
for Model-Driven Systems Development (MDSD)**

Vitech Model-Based System Engineering (MBSE) Methodology

JPL State Analysis (SA)

Dori Object-Process Methodology (OPM)

Department of Defense Architecture Framework (DoDAF)

Κεφάλαιο 3

Γλώσσες μοντελοποίησης συστημάτων

3.1 AADL

Architecture Analysis & Design Language hj

3.2 MARTE

Modelling and Analysis of Real Time and Embedded systems hj

3.3 UPDM

Unified Modeling Language (UML) Profile for DoDAF and MoDAF
(UPDM hj)

3.4 AML

Abstract systems Modelling Language hj]

3.5 SLM

System Engineering Process hj

3.6 SLDL

Πεδίο δοκιμής 1 Στην εργασία των Gautam Sachdeva et. al. [26] γίνεται προσπάθεια να μοντελοποιηθεί δίκτυο παρακολούθησης της κινητικότητας νεογέννητων βασιζόμενο σε ασύρματους αισθητήρες.

3.7 Unified Modeling Language - UML

Unified Modeling Language (UML) hj

3.8 Systems Engineering Modelling Language - SysML

SysML hj

Κεφάλαιο 4

Γλώσσα SyML

4.1 Εισαγωγή

4.2 Παρουσίαση διαγραμμάτων [12]

Activity diagram represents behavior in terms of the ordering of actions based on the availability of Inputs, outputs, and control, and how the actions transform the Inputs to outputs (modification of UML activity diagram)

Sequence diagram represents behavior in terms of a sequence of messages exchanged between parts (same as UML sequence diagram)

State Machine diagram represents behavior of an entity in terms of its transitions between states triggered by events (same as UML state machine diagram)

Use case diagram represents functionality in terms of how a system or other entity is used by external entities (i.e., actors) to accomplish a set of goals (same as UML use case diagram)

Block definition diagram represents structural elements called blocks, and their composition and classification (modification of UML class diagram)

Internal block diagram represents interconnection and interfaces between the parts of a block (modification of UML composite structure diagram)

Parametric diagram represents constraints on property values, such as $F = r n \cdot a$, used to support engineering analysis (not in UML)

Package diagram represents the organization of a model in terms of packages that contain model elements (same as UML package diagram)

4.3 Λογισμικό υποστήριξης

Για την υλοποίηση των απαραίτητων μοντέλων χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα ανάπτυξης Eclipse¹ σε συνδυασμό με το περιβάλλον ανάπτυξης κρίσιμων ενσωματωμένων συστημάτων Topcased².

4.4 Συσχετιζόμενες εργασίες

4.4.1 Σχεδίαση βάση εξομείωσης

Η σχεδίαση βάση εξομείωσης ή κατά την αγγλική ορολογία simulation-based design μπορεί να βασιστεί στα διαγράμματα παραμέτρων που παράγονται με τη SysML και να εξομειωθούν με τα κατάλληλα εργαλία. [21] και [22]

4.4.2 SoC, SysML and SystemC

Copying from [23]: In this paper we have presented a SysML profile for modeling Systems on a Chip oriented to SystemC transformation.

¹<http://www.eclipse.org/>

²<http://www.topcased.org/>

We have shown that by means of SysML diagrams like BDD, IBD, and Activity allocations it is possible to describe a SoC and then map the SoC descriptions to a SystemC code template which contains module definitions, port- and process declarations. We also described a possible SysML to SystemC transformation procedure based on XMI and XSLT rules that we would like to automate within our future work. The SysML-SystemC mapping has been also evaluated by means of a case study in the field of WSN and a possible SystemC code has been derived from SysML diagrams describing a Sensor Node. This work would like to give a first contribution towards a research topic that has not been investigated so far, namely SysML to SystemC transformation. In fact there is a lot of research works available in the field of UML to SystemC, but nothing within SysML to SystemC. Since we strongly believe that SysML is a very suitable modeling language for SoC design, we think that the transformation from SysML to SystemC is a very important step within an early system design phase.

4.4.3 The processing system paradigm

Copying from [17] Model-based systems engineering and graphical notations have an enormous potential for increasing design productivity, system quality and lifetime by shifting the bulk of design efforts to early phases. In spite of that this is hardly questioned, the shift towards model-based approaches has not come to a break through, as we are experiencing in software engineering. It is believed that a major reason is lack of a common system view that can act as a framework for developing modelling languages and methods for a broad community of system engineers. This paper suggests such a framework. It identifies the systems of concern as a processing system that consist of a process control system and a resource system, and applies two related views on processing systems: A functional view and a solution view. The framework has been successfully tested on telecommunication systems and networks for some years. It is believed that it holds for many other system domains as well.

4.4.4 Ανάπτυξη εργαλείων σύνδεσης διαφορετικών επιστημονικών πεδίων και Έρευνα στο μετασχηματισμό μοντέλων από το ένα εργαλείο στο άλλο.

Κεφάλαιο 5

Πρώτο πεδίο εφαρμογής : MPS®System

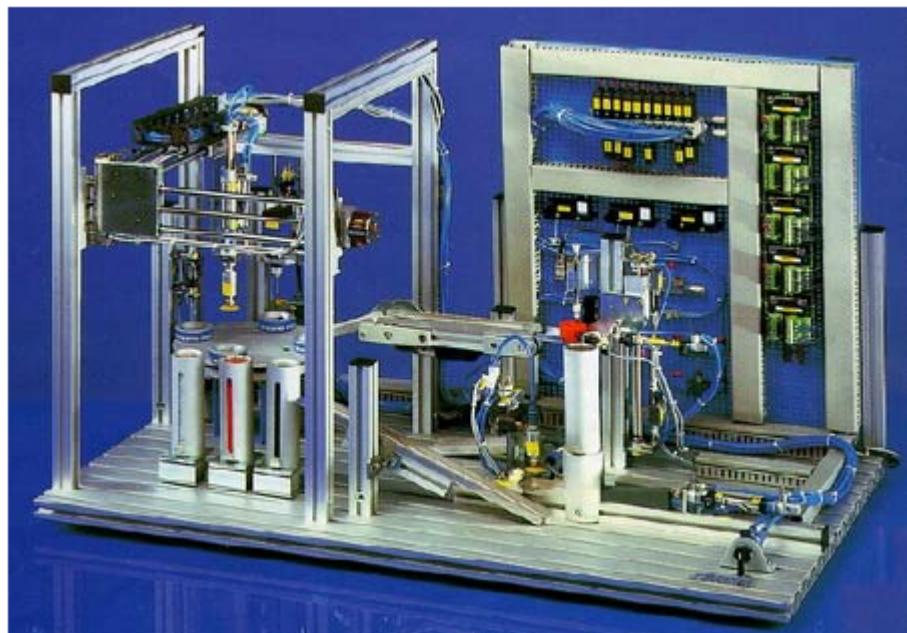
5.1 Παρουσίαση του συστήματος

Εισαγωγή Το πρώτο σύστημα που θα εξετάσουμε αποτελεί μικρογραφία μιας γραμμής παραγωγής (βλπ. σχ. 5.1 και 5.2). Στην παρούσα εργασία θα υποθέσουμε ότι πρόκριται για μία πραγματική και λειτουργική γραμμή παραγωγής η οποία αποτελείται από τέσσερα διακριτά μέρη, τα εξής :

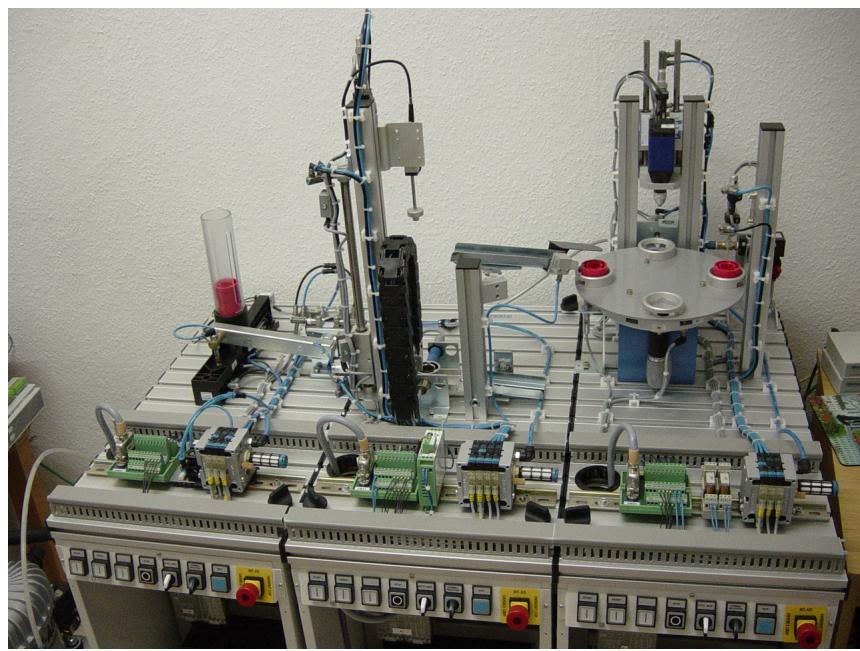
- σταθμό διανομής
- σταθμό ελέγχου
- σταθμό επεξεργασίας και
- σταθμό αποθήκευσης

Κατασκευή Το σύστημα έχει κατασκευαστεί από την εταιρεία Festo Didactic¹. Συγκεκριμένα η εταιρεία αυτή ειδικεύεται στη διδασκαλία συστημάτων αυτοματισμού. Για το σκοπό κατασκευάζει μικρογραφίες εξαρτημάτων όπως βαλβίδες πίεσης, κινητήρες, ρομποτικούς βραχίονες κ.ά. τα οποία συνδυαζόμενα μεταξύ τους αποδίδουν πληθώρα βιομηχανικών διεργασιών και συστημάτων παραγωγής. Ένα τέτοιο σύστημα

¹<http://www.festo-didactic.com>



Σχήμα 5.1: Το πλήρες σύστημα Festo MPS®



Σχήμα 5.2: Το σύστημα Festo MPS® χωρίς τον τελικό σταθμό αποθήκευσης [15]

Κεφάλαιο 5

αποτελεί και το συγκεκριμένο που θα αναλυθεί στη συνέχεια για τις ανάγκες της εργασίας.

Αιτιολόγηση επιλογής Επιλέξαμε το συγκεκριμένο σύστημα ως περίπτωση εφαρμογής για τη SysML επειδή διαθέτει πολλά ενδιαφέροντα στοιχεία για έναν μηχανικό συστημάτων αφού αποτελείται από εξαρτήματα που ανήκουν σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία. Συγκεκριμένα διαθέτει αισθητήρες που η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται σε οπτική, επαγγελματική, χωροτική και μηχανική μέτρηση. Επιπλέον περιλαμβάνει πλεκτρικά, πλεκτρονικά και μηχανικά μέρη, ρομποτικούς βραχίονες, βαλβίδες πίεσης, πνευματικές συσκευές κ.ά.. Μην ξεχνάμε ότι στο όλο σύστημα συμπεριλαμβάνεται και το λογισμικό ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας. Συνεπώς για την κατανόηση του απαιτούνται γνώσεις πλεκτρολόγου, πλεκτρονικού και μηχανολόγου μηχανικού καθώς και μηχανικού λογισμικού.

Πρώτες ύλες Ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούνται κυλινδρικά αντικείμενα διαφορετικού χρώματος, υλικού και ύψους. Μπορεί να είναι χρώματος κόκκινο, μαύρο ή ασημί και κατασκευασμένα από αλουμίνιο ή πλαστικό. Όσον αφορά το ύψος τους, τα κόκκινα και μεταλλικά τεμάχια είναι κατά 2,5 χιλιοστά ψηλότερα των αντίστοιχων μαύρων.



Σχήμα 5.3: Οι πρώτες ύλες της γραμμής παραγωγής

Παραγωγική διαδικασία Η παραγωγική διαδικασία που αναπαριστάμε έχει ως βάση της κυλινδρικά τεμάχια διάφορων χρωμάτων, υλικών και ύψους. Τα τεμάχια αυτά είναι αποθηκευμένα σε μία στοίβα στο σταθμό διανομής (βλπ ενότ. 5.1.1). Με τη βοήθεια ενός βραχίονα μεταφέρονται στο σταθμό ελέγχου (βλπ ενότ. 5.1.2) όπου αναγνωρίζεται το χρώμα και το υλικό των κυλίνδρων και ελέγχονται για το ύψος τους. Αν κάποιος κύλινδρος διαθέτει μία ή και περισσότερες μη αποδεκτές ιδιότητες τότε απομακρύνεται από τη γραμμή παραγωγής. Οι αποδεκτοί πλέον κύλινδροι μεταβαίνουν στο σταθμό επεξεργασίας (βλπ ενότ. 5.1.3). Στο σταθμό αυτό δημιουργείται μία οπή στο κέντρο των κυλίνδρων.

Στη συνέχεια ελέγχεται αν η διάτροπη ήταν επιτυχής και εν τέλει αποθηκεύονται στο σταθμό αποθήκευσης (βλπ ενότ. 5.1.4) σε μία από τρεις στοίβες ανάλογα με το χρώμα και το υλικό τους. [29]

Ακολουθεί η λειτουργική ανάλυση της κάθε μονάδας παραγωγής και η καταγραφή των επιμέρους μερών τους.

5.1.1 Σταθμός διανομής [5] [30] [29]

Εισαγωγή Ο σταθμός διανομής αναλαμβάνει την εισαγωγή των πρώτων υλών στη γραμμή παραγωγής από μία στοίβα αποθήκευσης και τη διανομή τους με τη χρήση βραχίονα και βεντούζας. Αποτελείται από τα εξαρτήματα :

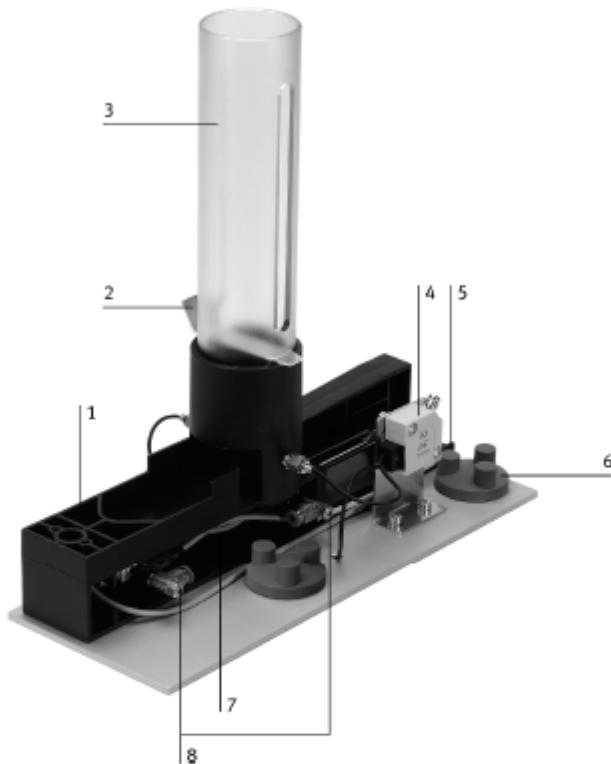
- στοίβα αποθήκευσης (βλπ. σχ.5.5)
- μονάδα μεταφοράς (βλπ. σχ.5.6)
- βάση εγκατάστασης
- συσκευή ελέγχου
- πλακέτα plc

Ο σταθμός διανομής διαχωρίζει τα κυλινδρικά τεμάχια από τη στοίβα αποθήκευσης η οποία διατηρεί μέχρι 8 κομμάτια. Το επίπεδο πλήρωσης της στοίβας ελέγχεται μέσω ενός φωτοκυττάρου. Οι κύλινδροι αφαιρούνται ένας-ένας από τη στοίβα μέσω ενός εμβόλου πεπιεσμένου αέρα δύο κατευθύνσεων. Στη συνέχεια η μονάδα μεταφοράς παραλαμβάνει τα τεμάχια και τα παραδίδει στον επόμενο σταθμό της γραμμής παραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός ρομποτικού βραχίονα και μιας βεντούζας. Η βεντούζα δεσμεύει το τεμάχιο με μία βαλβίδα κενού και ένας αισθητήρας κενού ανιχνεύει τη δέσμευση του. Τότε ο βραχίονας μεταφοράς, οδηγούμενος από έναν κινητήρα περιστροφικής κίνησης, παραδίδει τον κύλινδρο στην επόμενη μονάδα.

Κεφάλαιο 5

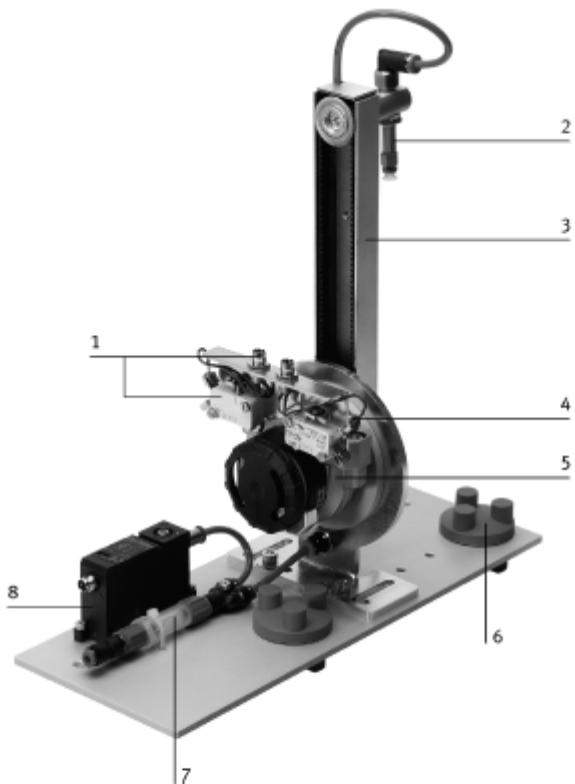


Σχήμα 5.4: Ο σταθμός διανομής [7]



- | | |
|---|---|
| 1 | Magazine holder |
| 2 | Blocking bracket |
| 3 | Magazine barrel |
| 4 | Through-beam sensor with 4-pin M8 plug |
| 5 | Inductive end position sensors with 3-pin M8 plug |
| 6 | Mounting components with latching mechanism |
| 7 | Double-acting cylinder |
| 8 | One-way flow control valves |

Σχήμα 5.5: Η στοίβα αποθήκευσης [9]



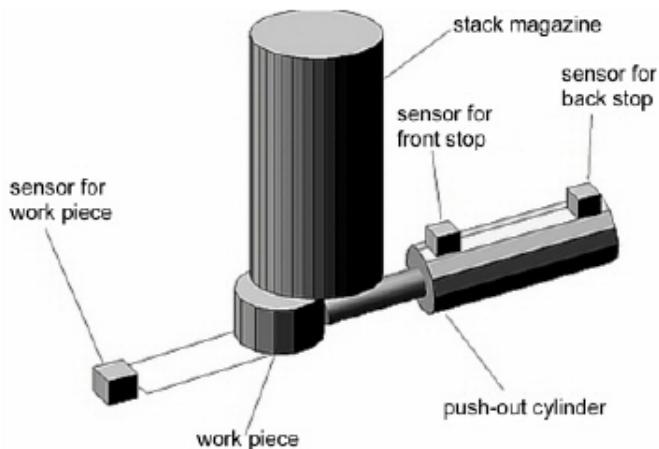
- 1 Microswitch with 3-pin M8 plug
- 2 Vacuum suction cup
- 3 Swivel arm
- 4 One-way flow control valves
- 5 Swivel drive
- 6 Mounting components with snap-in system
- 7 Vacuum filter
- 8 Pressure switch with 4-pin M8 plug

Σχήμα 5.6: Η μονάδα μεταφοράς [4]

Κεφάλαιο 5

Στοίβα αποθήκευσης βλπ. σχ. 5.7 και 5.5 Όπως προαναφέρθηκε η στοίβα αποθήκευσης χωράει μέχρι 8 τεμάχια. Ένα πναυματικό έμβολο διπλής κατεύθυνσης μεταφέρει τα κομμάτια στην άκρη της μονάδας αυτής. Τα τεμάχια σταματάνε στο σημείο αυτό επειδή υπάρχει κυκλικό τοιχίο που εμποδίζει οποιαδήποτε άλλη τοποθέτηση. Στη θέση αυτή χωράει μόνο ένα τεμάχιο και αποτελεί τη θέση από την οποία μεταφέρεται ο κύλινδρος στην επόμενη μονάδα. Το επόμενο τεμάχιο τοποθετείται αυτόματα μπροστά από το έμβολο με τη βοήθεια της βαρύτητας.

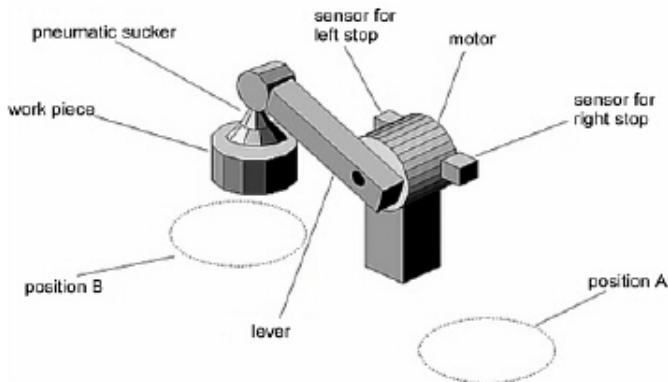
Η διαθεσιμότητα των τεμαχίων μέσα στη στοίβα διαπιστώνεται μέσω ενός φωτοκυττάρου τοποθετούμενο στο κάτω μέρος αυτής. Η θέση του εμβόλου διαπιστώνεται μαγνητικά μέσω δύο επαγωγικών αισθητήρων -ο ένας αισθητήρας τοποθετείται στο πίσω μέρος και ο άλλος στο μπροστινό. Η ταχύτητα εκτόνωσης και επαναφοράς του εμβόλου καθορίζεται με μεγάλη ακρίβεια από βαλβίδα ελέγχου πεπιεσμένου αέρα μίας κατεύθυνσης.



Σχήμα 5.7: Γραφική απεικόνιση της στοίβας αποθήκευσης [30]

Μονάδα μεταφοράς βλπ. σχ. 5.8 και 5.5 Η μονάδα αυτή αποτελεί μία πνευματική συσκευή. Μέσω μίας βεντούζας που είναι τοποθετημένη πάνω σε ρομποτικό βραχίονα τα τεμάχια μεταφέρονται με περιστροφική κίνηση στην επόμενη μονάδα. Η περιστροφική κίνηση υλοποιείται από έναν πνευματικό κινητήρα. Το εύρος της περιστροφικής κίνησης

καθορίζεται μηχανικά μεταξύ 0 και 180 μοιρών. Οι τελικές θέσεις που λαμβάνει ο βραχίονας ελέγχονται μέσω μικροδιακοπτών. Τέλος μέσω ενός αισθητήρα κενού συνδεδεμένο με τη βεντούζα ανιχνεύεται αν η τελευταία έχει παραλάβει το κυλινδρικό τεμάχιο.



Σχήμα 5.8: Γραφική απεικόνιση της μονάδας μεταφοράς [30]

Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 5.1:

Πίνακας 5.1: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού διανομής [5]

Προαπαιτήσεις

-
- 1 Η στοίβα να διαθέτει τεμάχια προς επεξεργασία
-

Αρχική κατάσταση

- 1 Το έμβολο διπλής κατεύθυνσης είναι σε κατάσταση εκτόνωσης
2 Το σύστημα βραχίονα-κινητήρα βρίσκεται στη μεριά της στοίβας
3 Η βεντούζα είναι ανενεργή
-

Ακολουθία ενεργειών

- Ο κινητήρας μεταβαίνει στη θέση του επόμενου σταθμού εάν υπάρχουν τεμάχια μέσα στη στοίβα και το πλήκτρο Εκκίνησης έχει πατηθεί
-

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 5.1

- 2 Το έμβολο επανέρχεται και βγάζει ένα τεμάχιο έξω από τη στοίβα
3 Ο κινητήρας μεταβαίνει στη θέση της στοίβας αποθήκευσης
4 Η βαλβίδα κενού ενεργοποιείται και μόλις πιαστεί το τεμάχιο ο διακόπτης κενού στέλνει το απαραίτητο σήμα
5 Το έμβολο επανέρχεται και ελευθερώνει το τεμάχιο
6 Ο κινητήρας μεταβαίνει στη θέση του επόμενου σταθμού
7 Η βαλβίδα κενού απενεργοποιείται
8 Ο κινητήρας μεταβαίνει στη θέση της στοίβας
-

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 5.1

5.1.2 Σταθμός ελέγχου [10] [30] [29]

Εισαγωγή Ο σταθμός ελέγχου αναλαμβάνει να διαπιστώσει αν το τεμάχιο που παρέλαβε από το σταθμό διανομής βλπ. ενοτ.5.1.1 είναι κατάλληλο επεξεργασίας από τον επόμενο σταθμό -σταθμός επεξεργασίας βλπ. ενοτ.5.1.3. Συγκεκριμένα πρέπει να αναγνωρίσει το υλικό κατασκευής των κυλίνδρων, να ελέγξει το ύψος των τεμαχίων και ανάλογα με αυτό να τον απορρίψει ή να τον προωθήσει στον επόμενο σταθμό της γραμμής παραγωγής. Αποτελείται από τα εξαρτήματα :

- μονάδα αναγνώρισης
- μονάδα ανύψωσης
- μονάδα μέτρησης
- μονάδα κύλισης με αέρα
- μονάδα κύλισης
- βάση εγκατάστασης
- συσκευή ελέγχου
- πλακέτα plc

Ο σταθμός ελέγχου εξακριβώνει τα χαρακτηριστικά των κυλινδρικών τεμαχίων. Η μονάδα αναγνώρισης διατίστανε το χρώμα του κυλίνδρου και την παρουσία τεμαχίου. Με αισθητήρα ανάκλασης ελέγχουμε αν η θέση μέτρησης είναι διαθέσιμη ώστε να αποφασιστεί αν θα ανυψωθεί το κυλινδρικό αντικείμενο ή όχι. Επιπλέον, ένας αναλογικός αισθητήρας μετράει το ύψος του κυλίνδρου. Το σήμα εξόδου του αισθητήρα μετατρέπεται σε ψηφιακό μέσω ενός τελεστή με ρυθμιζόμενο κατώφλι ή μπορεί να εισαχθεί σε ένα PLC ως αναλογικό σήμα. Τέλος αν οι κύλινδροι είναι αποδεκτοί οδηγούνται από το επίπεδο που είναι με ένα πνευματικό γραμμικό έμβολο δύο κατευθύνσεων προς τον σταθμό επεξεργασίας διαμέσου μιας . Τα υπόλοιπα κομμάτια "κατεβαίνουν" πίσω με τον ανελκυστήρα και τοποθετούνται σε μία διπλανή πλατφόρμα κύλισης.



Σχήμα 5.9: Ο σταθμός ελέγχου [7]

Μονάδα αναγνώρισης βλπ. σχ. 5.10 Η μονάδα αυτή αποτελείται από 2 αισθητήρες προσέγγισης με ψηφιακή έξοδο, έναν χωροποικό και έναν οπτικό. Ο χωροποικός ανιχνεύει την παρουσία τεμαχίου ανεξαρτήτως χρώματος. Αντίστοιχα ο οπτικός αισθητήρας διάχυσης ανιχνεύει το χρώμα των αντικειμένων. Επειδή η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στην ποσότητα του επιστρεφόμενου φωτός, δεν μπορούν να ανιχνευθούν τα μαύρα τεμάχια. Ο οπτικός αισθητήρας τοποθετείται πάνω στην πλατφόρμα ανύψωσης.

Μονάδα ανύψωσης βλπ. σχ. 5.11 Η ανύψωση πραγματοποιείται με ένα πνευματικό έμβολο δύο κατευθύνσεων. Η χαμηλή και ψηλή θέση του εντοπίζονται μέσω μαγνητικών αισθητήρων ή επαγωγικών αισθητήρων. Επιπλέον, διαθέτει ένα πνευματικό έμβολο εκτίναξης δύο κατευθύνσεων για την απομάκρυνση των αποδεκτών τεμαχίων στην μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα και των απορριφθέντων τεμαχίων στην

Κεφάλαιο 5

απλή μονάδα κύλισης. Η θέση του εμβόλου αυτού διαπιστώνεται μέσω δύο μαγνητικών αισθητήρων, έναν στο μπροστινό τμήμα του και ένα στο πίσω. Τέλος, για την καλύτερη και ασφαλέστερη εγκατάσταση των εξαρτημάτων αυτών χρησιμοποιείται και ένας οδηγός τύπου αλυσίδας για ενθυλακώσει τα πλεκτρικά καλώδια και τους σωλήνες μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα της διάταξης. Επισημαίνουμε ότι ο οπτικός αισθητήρας της μονάδας αναγνώρισης ενσωματώνεται πάνω στην πλατφόρμα ανύψωσης.

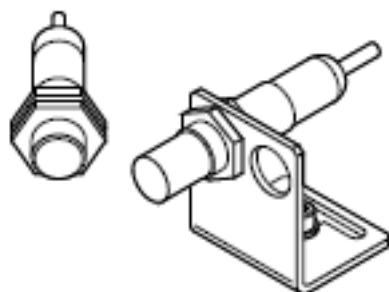
Μονάδα μέτρησης βλπ. σχ. 5.13 και 5.12 Αποτελείται από ένα αναλογικό αισθητήρα για τη μέτρηση του ύψους των τεμαχίων. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται σε έναν γραμμικό ποτενσιόμετρο και ένα διαιρέτη τάσης. Η αναλογική μέτρηση μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακή μέσω ενός τελεστή ή να τροφοδοτηθεί σε μία plc συσκευή. Τέλος υπάρχει αποσβέστης ταλαντώσεων που δημιουργούνται από την ανύψωση του αντικειμένου στην τελική του θέση.

Επισημαίνουμε ότι τα κόκκινα και μεταλλικά τεμάχια είναι κατά 2,5 χιλιοστά ψηλότερα των αντίστοιχων μαύρων.

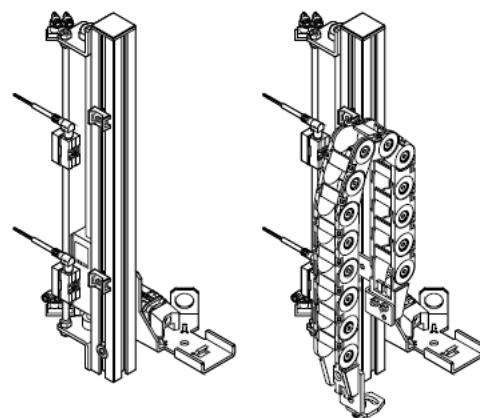
Μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα βλπ. σχ. 5.14 και 5.15 Η μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των κυλίνδρων με μέγιστη χωροπικότητα πέντε (5). Η εξομάλυνση από τον αέρα μειώνει την τριβή μεταξύ των τεμαχίων και της πλατφόρμας. Η γωνία κλίσης της πλατφόρμας είναι ρυθμιζόμενη. Στο τέλος της πλατφόρμας δεν υπάρχει τοιχίο για να εμποδίζει την κύλιση των κυλίνδρων. Επιθυμούμε την απρόσκοπτη κύλιση τους στον επόμενο σταθμό.

Μονάδα κύλισης βλπ. σχ. 5.16 Η μονάδα κύλισης χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των κυλίνδρων. Τέσσερα (4) στο σύνολο μπορούν να τοποθετηθούν στην πλατφόρμα. Η γωνία κλίσης είναι ρυθμιζόμενη.

Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 5.2:

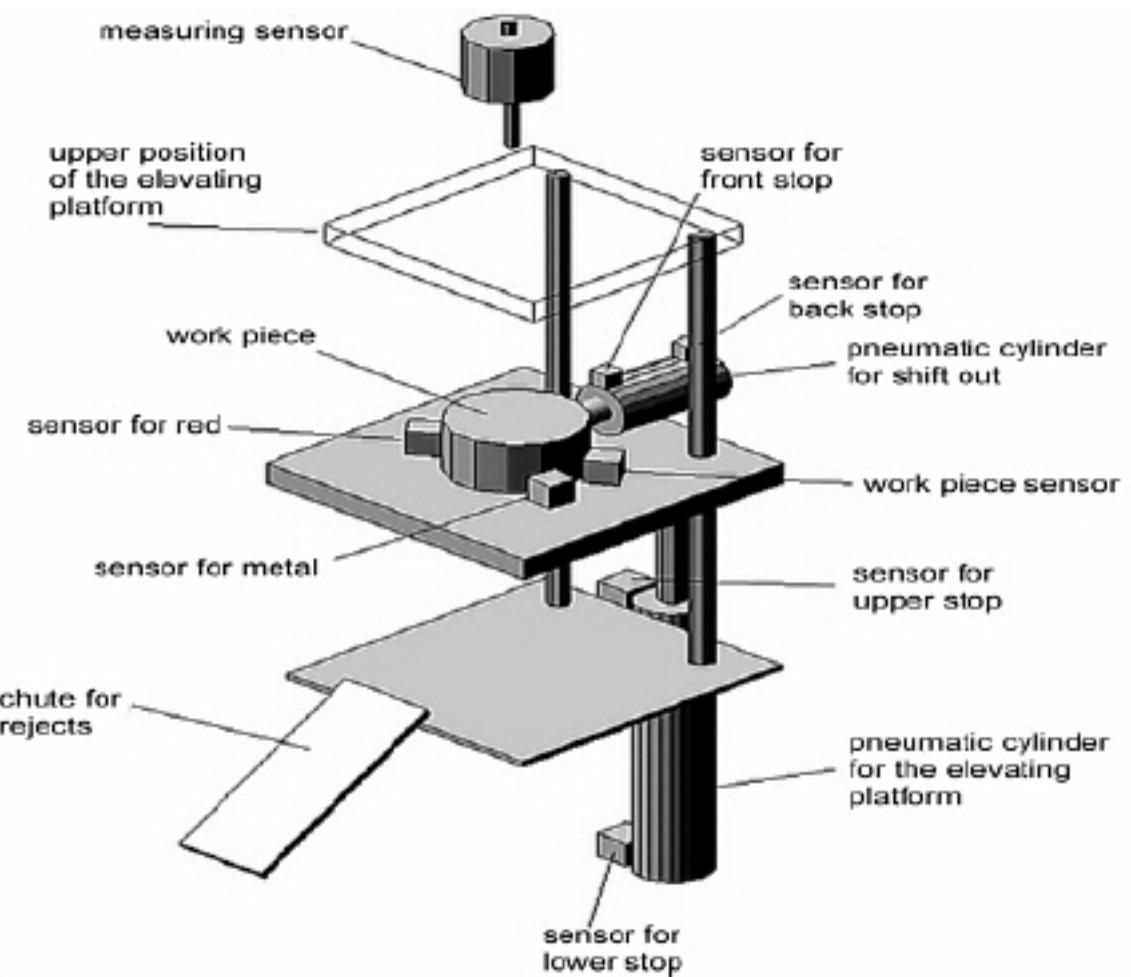


Σχήμα 5.10: Η μονάδα αναγνώρισης [10]

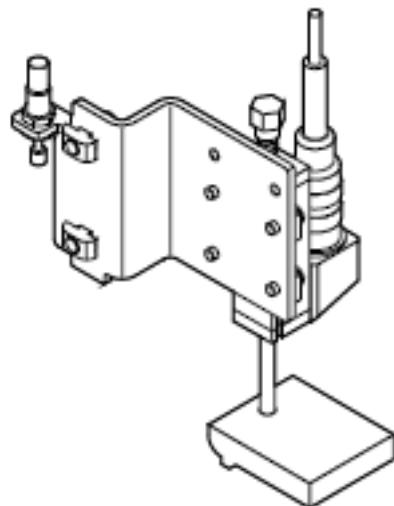


Σχήμα 5.11: Η μονάδα ανύψωσης [10] (στη δεύτερη εικόνα εμφανίζεται ο οδηγός καλωδίων στον οποίο τοποθετούνται τα ηλεκτρικά καλώδια και οι σωλήνες μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα)

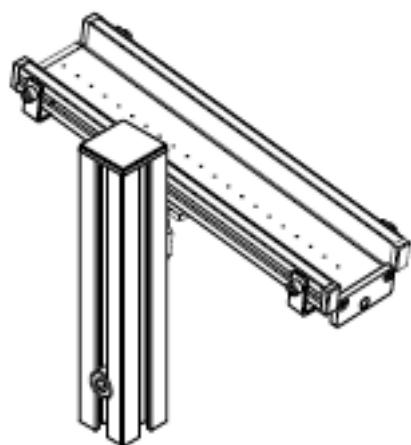
Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.12: Σχηματική απεικόνιση της μονάδας μέτρησης [30]

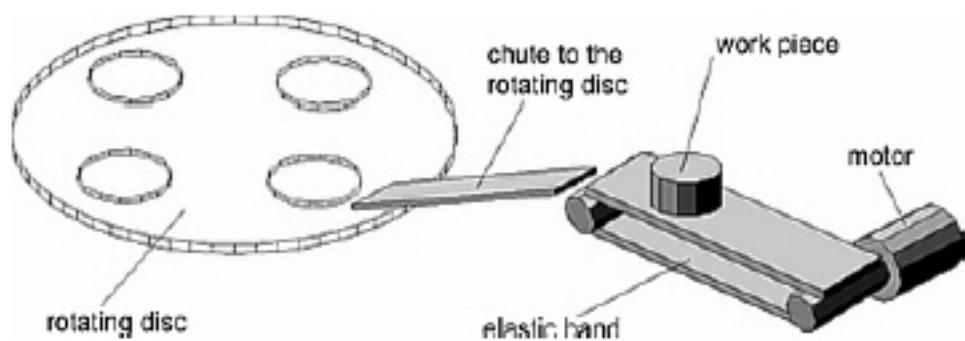


Σχήμα 5.13: Η μονάδα μέτρησης [10]

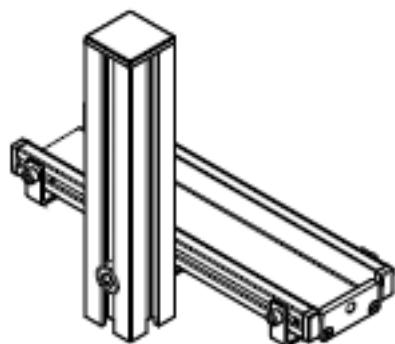


Σχήμα 5.14: Η μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα [10]

Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.15: Σχηματική απεικόνιση της μονάδας κύλισης με εξομάλυνση αέρα [30]



Σχήμα 5.16: Η μονάδα κύλισης [10]

Πίνακας 5.2: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού ελέγχου [10]

Προαπαιτήσεις

- 1 Ένα τεμάχιο βρίσκεται έτοιμο για παραλαβή στο σταθμό διανομής
 - 2 Κανένα άλλο τεμάχιο δεν καταλαμβάνει την θέση αναγνώρισης
-

Αρχική κατάσταση

- 1 Ο ανελκυστήρας μεταβαίνει στην χαμηλή θέση
 - 2 Το έμβολο εκτίναξης συμπτύσσεται
 - 3 Απενεργοποίηση της πλατφόρμας κύλισης με εξομάλυνση αέρα
-

Ακολουθία ενεργειών

- 1 Αναγνώριση χρώματος και υλικού των τεμαχίων
 - 2 Ο ανελκυστήρας ανέρχεται στην πάνω θέση
 - 3 Γίνεται έλεγχος του ύψους
Αποδεκτό κυλινδρικό τεμάχιο
 - 4 Ενεργοποίηση της πλατφόρμας κύλισης με εξομάλυνση αέρα
 - 5 Έκταση του εμβόλου εκτίναξης
 - 6 Σύμπτυξη του εμβόλου εκτίναξης
 - 7 Απενεργοποίηση της πλατφόρμας κύλισης με εξομάλυνση αέρα
 - 8 Ο ανελκυστήρας κατέρχεται στην χαμηλή θέση
 - 9 Αρχική θέση
Μη αποδεκτό κυλινδρικό τεμάχιο
 - 10 Ο ανελκυστήρας κατέρχεται στην χαμηλή θέση
 - 11 Έκταση του εμβόλου εκτίναξης
 - 12 Σύμπτυξη του εμβόλου εκτίναξης
 - 13 Αρχική θέση
-

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 5.2

5.1.3 Σταθμός επεξεργασίας [8] [30] [29]

Εισαγωγή Ο σταθμός επεξεργασίας αναλαμβάνει να επεξεργαστεί τα κυλινδρικά τεμάχια. Συγκεκριμένα πρέπει να τους επιφέρει μία οπή στο πάνω μέρος τους. Αποτελείται από τα εξαρτήματα :

Κεφάλαιο 5

- μονάδα περιστροφής
- μονάδα διάτροπης
- μονάδα ελέγχου
- βάση εγκατάστασης
- συσκευή ελέγχου
- πλακέτα plc

Ο σταθμός αυτός διαθέτει ένα περιστρεφόμενο δίσκο με τέσσερις (4) θέσεις για τα κυλινδρικά τεμάχια. Η θέση του δίσκου διαπιστώνεται με έναν επαγωγικό αισθητήρα, ο οποίος ανιχνεύει μεταλλική βίδα που υπάρχει σε κάθε μία από τις τέσσερις θέσεις. Αρχικά εισέρχεται κύλινδρος προς επεξεργασία. Ο δίσκος περιστρέφεται κατά 90° στη θέση όπου βρίσκεται το τρυπάνι. Στη θέση αυτή το τεμάχιο ακινητοποιείται με τη βοήθεια ενός πλεκτρομαγνητικού εμβόλου δύο κατευθύνσεων. Στη συνέχεια το τρυπάνι επιφέρει μία οπή στο τεμάχιο. Έπειτα ο δίσκος περιστρέφεται άλλες 90° . Στη θέση αυτή ελέγχεται αν η οπή είναι αποδεκτή. Ο έλεγχος γίνεται με μία ακίδα η οποία κινείται με μία πλεκτρομαγνητική διάταξη. Τέλος, ο δίσκος περιστρέφεται κατά 90° αναμένοντας το σταθμό αποθήκευσης να παραλάβει το επεξεργασμένο πλέον τεμάχιο.

Οι δύο διεργασίες του σταθμού αυτού -η διάτροπη και ο έλεγχος της οπής- γίνονται παράλληλα. Στον περιστεροφόμενο δίσκο δεν εισέρχεται ένα τεμάχιο, επεξεργάζεται, ελέγχεται και μεταβαίνει στη μονάδα αποθήκευσης και έπειτα ένα δεύτερο. Αντίθετα, μπορεί και οι τέσσερις θέσεις να είναι κατειλημμένες ταυτόχρονα από κυλινδρικά τεμάχια. Φυσικά κάθε τεμάχιο θα συμμετέχει και σε διαφορετική διεργασία.

Μονάδα περιστροφής Η μονάδα αυτή ελέγχεται από μία μηχανή γραναζωτής σύμπλεξης συνεχούς ρεύματως. Διαθέτει τέσσερις (4) θέσεις για να τις καταλάβουν τα τεμάχια. Σε κάθε θέση υπάρχει ένας χωροπικός αισθητήρας προσέγγισης για να διευκρινίζεται αν η θέση είναι πλήρως ή όχι.

Μονάδα διάτροπης (βλπ. σχ. 5.18 και 5.19) Στη θέση αυτή όταν διαπιστωθεί η ύπαρξη τεμαχίου ενεργοποιείται ένα πνευματικό έμβολο δύο κατευθύνσεων για να το συγκρατήσει ακίνητο. Για τη καταγραφή της θέσης του εμβόλου χρησιμοποιούνται και πάλι δύο μαγνητικοί αισθητήρες, ένας μπροστά και ο δεύτερος στο πίσω μέρος. Στη συνέχεια το τρυπάνι τρυπάει το τεμάχιο αυτό. Το τρυπάνι κινείται με τη βοήθεια ενός κινητήρα και η σύμπλεξη κινητήρα-τρυπανιού γίνεται μέσω οδοντωτού ψάντα. Η θέση του τρυπανιού ρυθμίζεται από δύο (2) πλεκτρικούς τερματικούς διακόπτες που βρίσκονται στις δύο ακραίες θέσεις του τρυπανιού. Κάθε φορά που το σώμα από το τρυπάνι πλησιάζει έναν από τους δύο τερματικούς διακόπτες η κίνησή του αντιστρέφεται. Δηλαδή άμα κατέρχεται αλλάζει φορά και ανέρχεται και αντίστροφα. Υπενθυμίζεται ότι στη θέση αυτή υπάρχει χωροπικός αισθητήρας για να εξακριβωθεί ότι η θέση είναι κατειλημμένη.

Μονάδα ελέγχου (βλπ. σχ. 5.20 και 5.21) Η μονάδα ελέγχου αποτελεί μία πλεκτρομαγνητική διάταξη. Υπάρχει ένα πνίγιο το οποίο παραμένει πακτωμένο στο πάνω μέρος του κορμού στήριξης. Όταν το πνίγιο διαρρέεται από ρεύμα τότε, ο οπλισμός κατέρχεται και συνεπώς η ακίδα ελέγχου προσεγγίζει το επίπεδο του περιστρεφόμενου δίσκου, το επίπεδο δηλαδή του προς εξέταση κυλίνδρου. Για την διαπίστωση της θέσης του συστήματος ακίδας-οπλισμού χρησιμοποιούνται δύο επαγωγικοί αισθητήρες προσέγγισης οι οποίοι ενεργοποιούνται μέσω ενός μεταλλικού παξιμαδιού βρισκόμενο στο πάνω μέρος του συστήματος ακίδας-οπλισμού. Για τη διαπίστωση της ορθότητας της τρύπας, η ακίδα της διάταξης αποτελεί ένα επαγωγικός αισθητήρας προσέγγισης. Υπενθυμίζεται ότι στη θέση αυτή υπάρχει χωροπικός αισθητήρας για να εξακριβωθεί ότι η θέση είναι κατειλημμένη.

Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 5.3:

Πίνακας 5.3: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού επεξεργασίας [8]

Προαπαιτήσεις
ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Κεφάλαιο 5

συνέχεια του πίνακα 5.3

-
- 1 Κυλινδρικό τεμάχιο υπάρχει στην θέση υποδοχής του περιστρεφόμενου δίσκου**
-

Αρχική κατάσταση

- 1 Διαπιστώνεται η θέση του δίσκου
- 2 Η ακίδα ελέγχου βρίσκεται στην υψηλότερη θέση.
- 3 Το τρυπάνι διάτροπης βρίσκεται στην υψηλότερη θέση.
- 4 Το τρυπάνι είναι απενεργοποιημένο.
- 5 Το έμβολο συγκράτησης των κυλίνδρων στη θέση διάτροπης είναι σε κατάσταση σύμπτυξης.
-

Ακολουθία ενεργειών

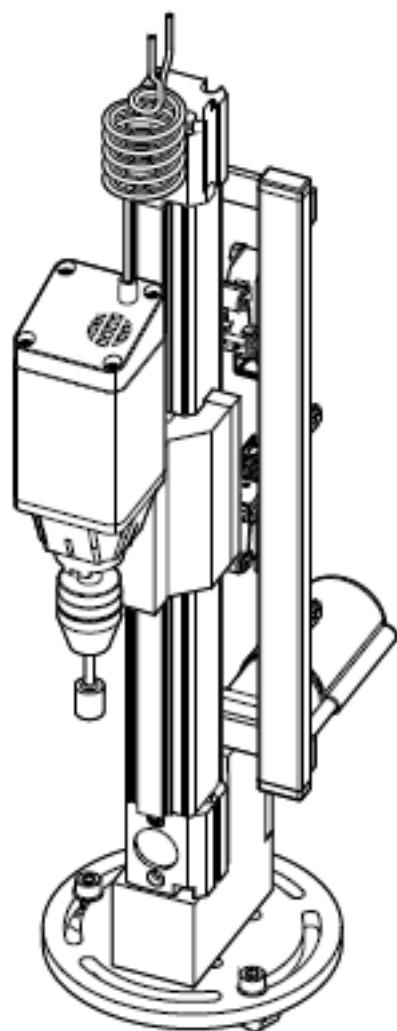
Η ακολουθία αυτή αναφέρεται στην περίπτωση που ένα μόνο τεμάχιο βρίσκεται σε όλο τον περιστρεφόμενο δίσκο.

- 1 Ο δίσκος περιστρέφεται κατά 90° εάν ανιχνευθεί τεμάχιο στη θέση υποδοχής, και το πλήκτρο εκκίνησης έχει πατηθεί.
- 2 Το έμβολο συγκράτησης εκτείνεται αφού πλέον το τεμάχιο βρίσκεται στη θέση διάτροπης. Το τρυπάνι ενεργοποιείται και κατέρχεται.
- 3 Μόλις το τρυπάνι φτάσει την κατώτατη θέση του, αυτόματα επανέρχεται στην ανώτερή του θέση.
- 4 Το τρυπάνι απενεργοποιείται και το έμβολο συγκράτησης συμπτύσεται.
- 5 Ο δίσκος περιστρέφεται κατά 90° .
- 6 Η ακίδα ελέγχου κατέρχεται και ελέγχει αν η οπή είναι η επιθυμητή.
- 7 Ο δίσκος περιστρέφεται κατά 90° με αποτέλεσμα το τεμάχιο να μεταβεί στη θέση παραλαβής του από τον επόμενο σταθμό.
-

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 5.3

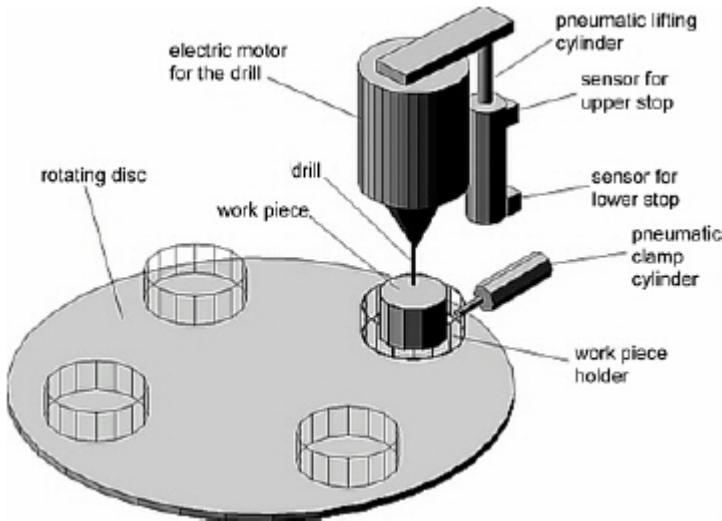


Σχήμα 5.17: Ο σταθμός επεξεργασίας [7]



Σχήμα 5.18: Η μονάδα διάτροσης [8]

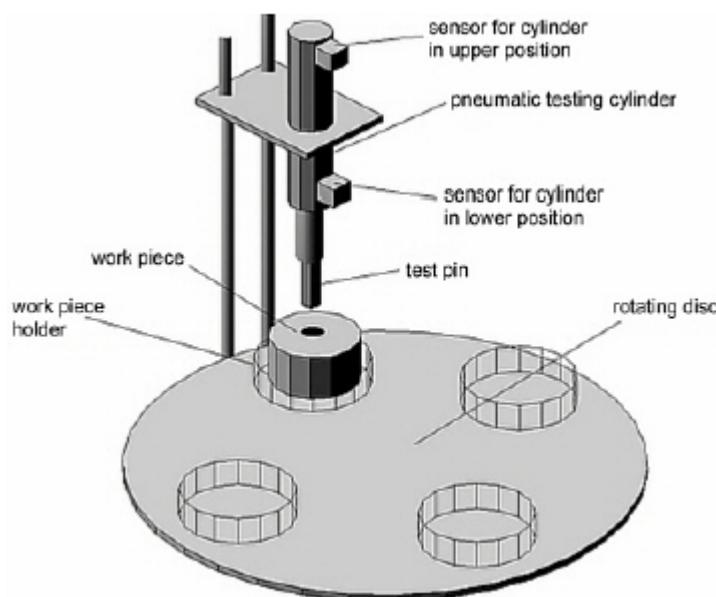
Κεφάλαιο 5



Σχήμα 5.19: Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας διάτροσης [30] Παρατηρείται ότι το τρυπάνι κινείται με τη βούθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με ηλεκτρικό κινητήρα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράψαμε την διάτοξη όπως αυτή τεκμηριώνεται στο [8]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα



Σχήμα 5.20: Η μονάδα ελέγχου <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/project-kits/components-modules/testing-module.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC43MTAuMzk0MQ>



Σχήμα 5.21: Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας ελέγχου [30] Παρατηρείται ότι η ακίδα κινείται με τη βούθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με ηλεκτρομαγνητική διάταξη όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη όπως αυτή τεκμηριώνεται στο [8]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα

5.1.4 Σταθμός αποθήκευσης [6] [30] [29]

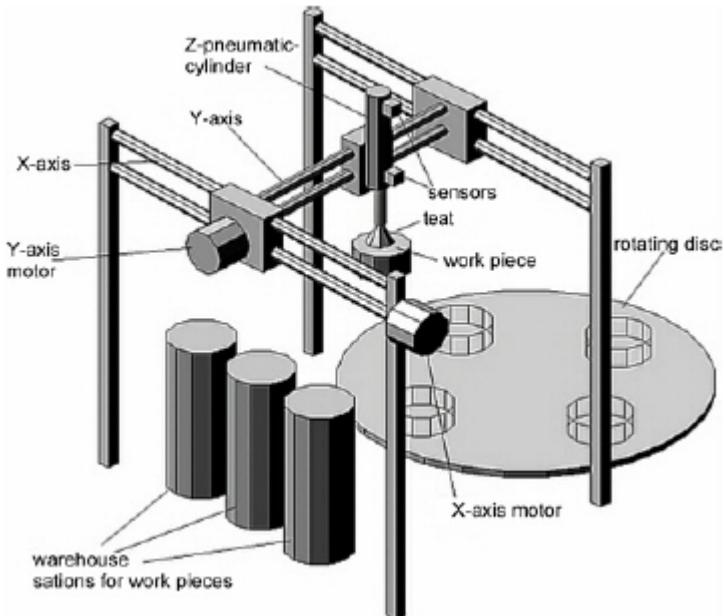
Εισαγωγή Ο σταθμός αποθήκευσης αναλαμβάνει να μεταφέρει τα κυλινδρικά τεμάχια από τον περιστρεφόμενο δίσκο στις στοίβες αποθήκευσης. Αποτελείται από τα εξαρτήματα :

- μονάδα μεταφοράς
- μονάδα αποθήκευσης
- βάση εγκατάστασης
- συσκευή ελέγχου
- πλακέτα plc

Το κυλινδρικό τεμάχιο το οποίο είναι έτοιμο για αποθήκευση παραλαμβάνεται από μία δαγκάνα με πνευματική αρχή λειτουργίας που κινείται με ένα σύστημα μεταφοράς δύο αξόνων. Ανάλογα με το είδος του κυλίνδρου και το γεγονός ότι η διάτροση ήταν επιτυχής ή όχι, οι κύλινδροι μεταφέρονται σε τρεις (3) στοίβες. Αν το τεμάχιο είναι μαύρο τότε αποθηκεύεται στην πρώτη (εσωτερική) στοίβα. Αν το αντικείμενο είναι κόκκινου ή ασπρί χρώματος τότε εναποτίθεται στην δεύτερη (μεσαία) στοίβα. Τέλος, αν η οπή δεν είναι η επιθυμητή τότε μεταφέρεται στην τρίτη (εξωτερική) στοίβα.

Μονάδα μεταφοράς Η μονάδα αυτή αποτελείται από ένα σύστημα μετακίνησης σε τρεις άξονες. Η μετακίνηση στο οριζόντιο επίπεδο επιτυγχάνεται με πλεκτρικούς κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Για την μετακίνηση στον κάθετο άξονα χρησιμοποιείται ένα πνευματικό έμβολο δύο κατευθύνσεων το οποίο διαθέτει μία δαγκάνα στο άκρο του. Το έμβολο αυτό διαθέτει δύο μαγνητικούς αισθητήρες για την διαπίστωση των ακραίων θέσεων του. Η δαγκάνα κλείνει και ανοίγει με πεπιεσμένο αέρα διαθέτοντας επιτίλεον και ένα οπτικό αισθητήρα ενσωματωμένο στο σώμα της για να ανιχνεύεται το κυλινδρικό τεμάχιο και το χρώμα αυτού.

Μονάδα αποθήκευσης Η μονάδα αυτή αποτελείται απλούστατα από τρεις (3) στοίβες όπως φαίνονται και στην εικόνα 5.22 χωρητικότητας οχτώ (8) τεμαχίων η καθεμία.



Σχήμα 5.22: Ο σταθμός αποθήκευσης [30] Παρατηρείται ότι η διάταξη μεταφοράς περιλαμβάνει βεντούζα και όχι δαγκάνα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη ως συνδυασμό των [6] και [30] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα



Σχήμα 5.23: Ο σταθμός αποθήκευσης [7] Παρατηρείται ότι η διάταξη μεταφοράς κινείται σε έναν άξονα μόνο και αντί για στοίβες διαθέτει πλατφόρμες κύλισης σε αντίθεση με το κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη ως συνδυασμό των [6] και [30] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα

Κεφάλαιο 5

Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 5.4:

Πίνακας 5.4: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού αποθήκευσης [6]

Προαπαιτήσεις

- 1 Κυλινδρικό τεμάχιο υπάρχει στην θέση παραδοσης του περιστρεφόμενου δίσκου
-

Αρχική κατάσταση

- 1 Το έμβολο του πνευματικού κυλίνδρου βρίσκεται σε θέση σύμπτυξης
2 Η διάταξη βεντούζας-εμβόλου βρίσκεται στη θέση ηρεμίας.
-

Ακολουθία ενεργειών

- 1 Εντοπίζεται τεμάχιο έτοιμο προς αποθήκευση.
2 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη θέση παραδοσης του δίσκου, εφόσον έχει πατηθεί και το πλίκτρο της εκκίνησης.
3 Το έμβολο αναπτύσσεται.
4 Η δαγκάνα κλείνει.
5 Το έμβολο συμπτύσσεται.
Περίπτωση μαύρου τεμαχίου.
6 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη στοίβα 1 (εσωτερική).
7 Το έμβολο αναπτύσσεται.
8 Η δαγκάνα ανοίγει και το τεμάχιο πέφτει μέσα στη στοίβα.
9 Το έμβολο συμπτύσσεται.
10 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη θέση ηρεμίας.
Περίπτωση κόκκινο ή ασημένιου στο χρώμα τεμαχίου.
11 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη στοίβα 2 (μεσαία).
12 Το έμβολο αναπτύσσεται.
13 Η δαγκάνα ανοίγει και το τεμάχιο πέφτει μέσα στη στοίβα.
14 Το έμβολο συμπτύσσεται.
15 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη θέση ηρεμίας.
Περίπτωση μη αποδεκτής διάτροπης.
16 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη στοίβα 3 (εξωτερική).
17 Το έμβολο αναπτύσσεται.
18 Η δαγκάνα ανοίγει και το τεμάχιο πέφτει μέσα στη στοίβα.
-

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 5.4

- 19 Το έμβολο συμπτύσεται.
 - 20 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη θέση ηρεμίας.
-
- ολοκληρώθηκε ο πίνακας 5.4

5.2 Μοντελοποίηση του συστήματος

Για τη μοντελοποίηση του συστήματος χρησιμοποιήσαμε μία παραλλαγή του V μοντέλου. Στο πρώτο στάδιο καταγράφαμε τις απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας. Στο δεύτερο κατασκευάσαμε ένα γενικό λογικό μοντέλο του συστήματος. Το μοντέλο αυτό κατασκευάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ανεξάρτητο των τεχνολογίων υλοποίησης. Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει το μοντέλο υλοποίησης στο οποίο περιγράφεται λεπτομερώς το σύστημα. Σε αυτό καταγράφονται οι τεχνολογίες υλοποίησης ώστε να απεικονίζεται η αλληλεπίδραση των διαφόρων επιστημονικών πεδιών.

5.2.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model

Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την πρωταρχική περιγραφή του συστήματος και την καταγραφή των απαιτήσεων της ομάδας παραγγελίας.

5.2.2 Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model

Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την περαιτέρω ανάλυση του συστήματος. Στο μοντέλο αυτό δεν καταγράφονται αποφάσεις για την τελική υλοποίησή του. Συνεπώς, υπόκειται εύκολα σε τροποποιήσεις και αλλαγές στη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία στο μοντέλο υλοποίησης.

5.2.3 Μοντέλο Υλοποίησης - Implementation Model

Το μοντέλο αυτό παρουσιάζει το σύστημα όπως πρέπει να κατασκευαστεί. Περιλαμβάνει λεπτομέρειες για τα τελικώς χρησιμοποιού-

Κεφάλαιο 5

μενα εξαρτήματα καθώς και για τις τεχνολογίες που υλοποιούνται στις βιομηχανικές διεργασίες και διεργασίες ελέγχου του συστήματος. Καταγράφει όλες τις απαραίτητες κατευθύνσεις που πρέπει να δοθούν στους μηχανικούς -πλεκτρολόγους, μηχανολόγους, μηχανικούς λογισμικού- για να κατασκευαστούν τα ανάλογα υποσυστήματα.

Σημείωση Στο μοτνέλο αυτό θα παρατηρήσετε ότι σε κάθε σταθμό υπάρχει ένα υποσύστημα ελέγχου το οποίο συλλέγει τις πληροφορίες από τους αισθητήρες και ελέγχει τους ενεργοποιητές και τις μονάδες λειτουργίας. Το σύστημα αυτό έχει μοντέλοποιηθεί ως σύστημα που εκτελεί Java κώδικα. Αυτό δεν ισχύει στο πραγματικό σύστημα. Αντιθέτως, στην πραγματικότητα χρησιμοποιείται μία μονάδα PLC. Στο κατασκευασθέν μοντέλο χρησιμοποιήθηκε η Java μονάδα λόγω συμβατότητας με τον εξομοιωτή FestoMPS. Επεξηγώντας, το πραγματικό σύστημα δεν είναι διαθέσιμο σε εμάς. Συνεπώς, κατασκευάστηκε σε λογισμικό ένας εξομοιωτής του συστήματος που χρησιμοποιεί java τεχνολογίες (βλπ. 5.3)

5.2.4 Μοντέλο Συστήματος Ελέγχου

Χάρη στο μοντέλο υλοποίησης το οποίο διαθέτουμε ως είσοδο στο μοντέλο του συστήματος ελέγχου του Festo MPS®, διακρίνουμε τα παρακάτω στοιχεία αλληλεπιδρασης του συστήματος ελέγχου και των υπολοίπων μονάδων.

Πίνακας 5.5: Αισθητήρες και ενεργοποιητές του Festo MPS

Σταθμός διανομής

Στοίβα με πνευματικό έμβολο

Αισθητήρας πίσω θέσης του εμβόλου

Αισθητήρες

Αισθητήρας μπροστινής θέσης του εμβόλου

Αισθητήρας κυλινδρικού τεμαχίου

Ενεργοποιητές Βαλβίδα 5/2

Μονάδα μεταφοράς

Αισθητήρας κενού

Αισθητήρες πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

συνέχεια του πίνακα 5.5

Αισθητήρας αριστερής τοποθέτησης του βραχίονα
Αισθητήρας δεξιάς τοποθέτησης του βραχίονα
Βαλβίδα υπεπιστροφής
Ενεργοποιητές Ενεργοποίηση της βαλβίδας 5/3 για αριστερή τοποθέτηση του βραχίονα
Ενεργοποίηση της βαλβίδας 5/3 για δεξιά τοποθέτηση του βραχίονα

Σταθμός ελέγχου

Ανελκυστήρας

Αισθητήρας άνω θέσης του ανελκυστήρα
Αισθητήρας χαμηλής θέσης του ανελκυστήρα
Αισθητήρας διάχυσης
Αισθητήρες Αισθητήρας χωροπτικός
Αισθητήρας ανακλαστικός
Αισθητήρας μπροστινής θέσης του εμβόλου
Αισθητήρας πίσω θέσης του εμβόλου
Βαλβίδα 5/2 ανελκυστήρα
Βαλβίδα 5/2 εμβόλου

Σταθμός επεξεργασίας

Περιστρεφόμενος δίσκος

Αισθητήρες	Αισθητήρας επαγωγικός
	Αισθητήρας χωροπτικός θέσης υποδοχής
	Αισθητήρας χωροπτικός θέσης διάτροπης
Αισθητήρες Χωροπτικός θέσης μέτρησης	
Ενεργοποιητές	Ηλεκτρικό ρελέ

Μονάδα διάτροπης

Αισθητήρες	Αισθητήρας μπροστινής θέσης του εμβόλου
	Αισθητήρας πίσω θέσης του εμβόλου
	Αισθητήρας άνω θέσης του τρυπανιού
	Αισθητήρας χαμηλής θέσης του τρυπανιού
	Ηλεκτρικό ρελέ τρυπανιού
Ενεργοποιητές	Ηλεκτρικό ρελέ ανερχόμενης κίνησης τρυπανιού
	Ηλεκτρικό ρελέ κατερχόμενης κίνησης τρυπανιού

ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Κεφάλαιο 5

συνέχεια του πίνακα 5.5

Βαλβίδα 5/2 εμβόλου

Μονάδα μέτρησης

Αισθητήρες Αισθητήρας άνω θέσης της ακίδας
Αισθητήρας χωροποιητικός ως ακίδα
Ενεργοποιητές Ηλεκτρικό ρελέ κατερχώμενης κίνησης της ακίδας

Σταθμός αποθήκευσης

Μονάδα μεταφοράς

Αισθητήρας διάχυσης
Αισθητήρας χαμηλής θέσης του εμβόλου
Αισθητήρας άνω θέσης του εμβόλου
Ηλεκτρικό ρελέ ορθής κίνησης κινητήρα X διεύθυνσης
Ηλεκτρικό ρελέ ανάστροφης κίνησης κινητήρα X
Ενεργοποιητές διεύθυνσης
Ηλεκτρικό ρελέ ορθής κίνησης κινητήρα Y διεύθυνσης
Ηλεκτρικό ρελέ ανάστροφής κίνησης κινητήρα Y διεύθυνσης
Βαλβίδα 5/2 εμβόλου
Βαλβίδα 5/2 δαγκάνας

ολοκληρώθηκε ο πίνακας 5.5

5.3 Έλεγχος του συστήματος ελέγχου του Festo MPS

Για τον εξακρίβωση της ορθής λειτουργίας του συστήματος ελέγχου αναπτύχθηκε ένας εξόμοιωτής του Festo MPS®λόγω της αδιαθεσιμότητας του προγραμματικού συστήματος. Ο εξόμοιωτής έχει υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Java στο περιβάλλον Netbeans². Για την επικοινωνία του συστήματος ελέγχου με τον εξόμοιωτή έγινε χρήση της τεχνολογίας των sockets, που υποστηρίζει η Java ως μέθοδος επικοινωνίας μέταξύ εφαρμογών που τρέχουν πάνω

²<http://www.netbeans.org/>

σε διαφορετικά συστήματα του ίδιου δικτύου.

Κεφάλαιο 6

Δεύτερο πεδίο εφαρμογής :
Takos System

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

7.1 Συμφωνούμε με τα παρακάτω

- The main challenge in the case study was to understand the requirements and the functional design of the PTME system from the documents that were provided as input for the case study. Once these were understood, it was a relatively easy task to create the SysML model. [28]
- Modelling the structure of the PTME system using block definition diagrams and internal block diagrams was straight forward and consumed relative little time. [28]
- Capturing the behavioural aspects of the system was the most time-consuming part of the work. For each block diagram, several actions were modelled using activity diagrams. The activity diagrams provided an efficient means for modelling data flow and interactions between different blocks. [28]
- SysML follows a profile based approach to extend the language, this feature enhance the capability of system to add more domain-specific stereotypes to customize the language and reuse purposes. To expand the profile it's very important to create meaningful stereotypes. Knowledge and experiences of system engineering are needed to define these new constructs. [28]
- Allocation of the system requirements and mapping them to each other as well blocks and activities enhances traceability. This capability

of SysML is used to keep track of changes either in the requirement's specification or the component models. The language does not provide any guidance for how to map requirements to model elements, so the modeller should preferably be an expert in the field of requirements engineering. Sometimes it is awkward to capture requirements as a block in a Requirements diagram. The alternative is to use the tables and matrixes. There, we can capture the relation just by adding more columns. [28]

- Traceability of Requirements, Specification for Sub-Systems, Verification and Validation (If the interfaces to the sub-systems and the delivered data are speci

ed, the SysML model can be used to check whether this is enough to ful

ll the requirements. In TopCased, this is done via formal analysis of the system using a transformation into the formal immediate language FIACRE and using model checking techniques to verify the desired properties.), Testing and Test Case Generation, Benefits for Digital Engineering (Overall, all these reasons are very beneficial for digital engineering. The rigorous specification of interfaces and exchanged information as well as the specification of the information flow, minimizes the possibility of incompatible subsystem development. The resulting systems can easily be used for simulation and testing purpose in a virtual environment, as far as the dynamic behavior of the system is specified. This allows for hardware in the loop tests for external sub-systems e.g., for the camera systems or software in the loop tests, delivering test data for the secure data storage system. The requirements mapping defines in which system components the desired requirements (and sub-requirements) are implemented, therefore creating clarity about responsibilities for the correct implementation and specification of the interfaces and desired behavior. This makes it an and wellsuited approach for interdisciplinary systems development.).[14].

7.2 Σχεδίαση βάση εξομείωσης

Η σχεδίαση βάση εξομείωσης ή κατά την αγγλική ορολογία simulation-based design μπορεί να βασιστεί στα διαγράμματα παραμέτρων που

παραγόνται με τη SysML και να εξομειωθούν με τα κατάλληλα εργαλία. [21] και [22]

7.3 SoC, SysML and SystemC

Copying from [23] : In this paper we have presented a SysML profile for modeling Systems on a Chip oriented to SystemC transformation. We have shown that by means of SysML diagrams like BDD, IBD, and Activity allocations it is possible to describe a SoC and then map the SoC descriptions to a SystemC code template which contains module definitions, port- and process declarations. We also described a possible SysML to SystemC transformation procedure based on XMI and XSLT rules that we would like to automate within our future work. The SysML-SystemC mapping has been also evaluated by means of a case study in the field of WSN and a possible SystemC code has been derived from SysML diagrams describing a Sensor Node. This work would like to give a first contribution towards a research topic that has not been investigated so far, namely SysML to SystemC transformation. In fact there is a lot of research works available in the field of UML to SystemC, but nothing within SysML to SystemC. Since we strongly believe that SysML is a very suitable modeling language for SoC design, we think that the transformation from SysML to SystemC is a very important step within an early system design phase.

7.4 The processing system paradigm

Copying from [17] Model-based systems engineering and graphical notations have an enormous potential for increasing design productivity, system quality and lifetime by shifting the bulk of design efforts to early phases. In spite of that this is hardly questioned, the shift towards model-based approaches has not come to a break through, as we are experiencing in software engineering. It is believed that a major reason is lack of a common system view that can act as a framework for developing modelling languages and methods for a broad community of system engineers. This paper suggests such a framework. It identifies the systems of concern as a processing system that consist of a process control system and a resource system, and applies two related views

on processing systems: A functional view and a solution view. The framework has been successfully tested on telecommunication systems and networks for some years. It is believed that it holds for many other system domains as well.

7.5 Ανάπτυξη εργαλείων σύνδεσης διαφορετικών επιστημονικών πεδίων και Έρευνα στο μετασχηματισμό μοντέλων από το ένα εργαλείο στο άλλο.

Κεφάλαιο 8

Προοπτικές

Παρατήματα

Παράρτημα Α'

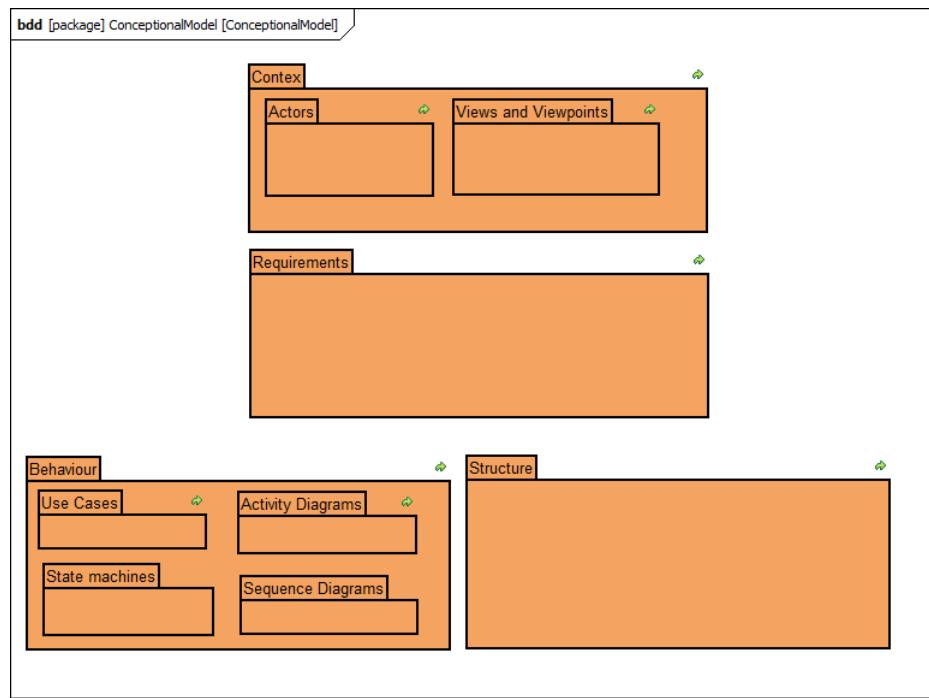
Festo MPS®System

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται τα διαγράμματα που κατασκευάστηκαν κατά την υλοποίηση του συστήματος Festo MPS®. Υπενθυμίζεται ότι σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατασκευάστηκαν τρία μοντέλα. Το μοντέλο Σύλληψης για την αρχική και τελείως αφαιρετική υλοποίηση του συστήματος. Το μοντέλο ανάλυσης κατά το οποίο αναπτύσσεται το σύστημα και λαμβάνονται αποφάσεις ανεξαρτήτως μεθόδου και τρόπου τελικής υλοποίησης. Και τέλος το μοντέλο Υλοποίησης στο οποίο περιγράφεται το σύστημα όπως πρέπει να κατασκευαστεί με όλες τις βασικές προδιαγραφές για τις τεχνολογίες και μεθόδους υλοποίησης.

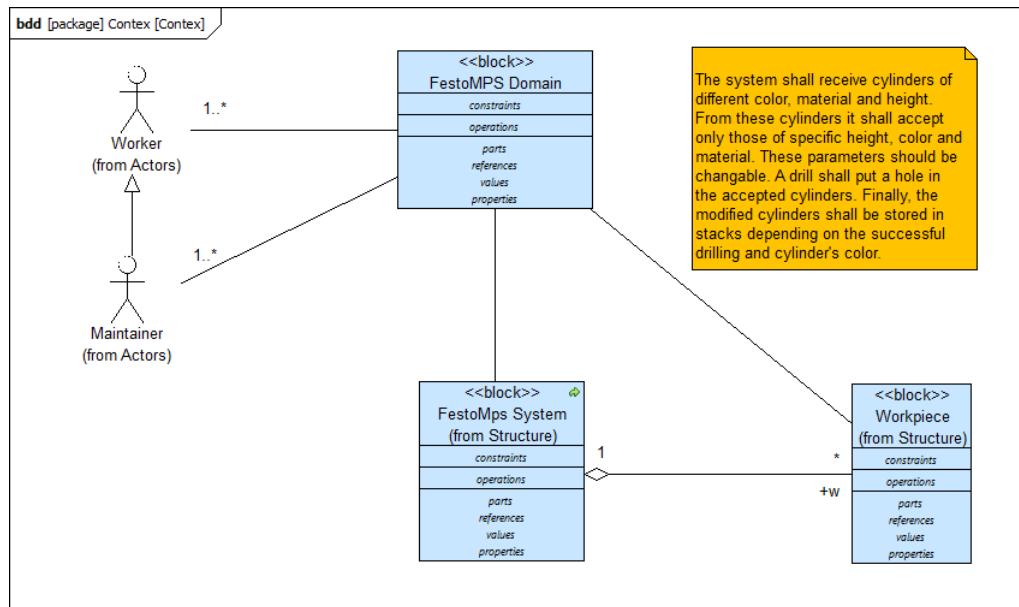
A'.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model

A'.1.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Context

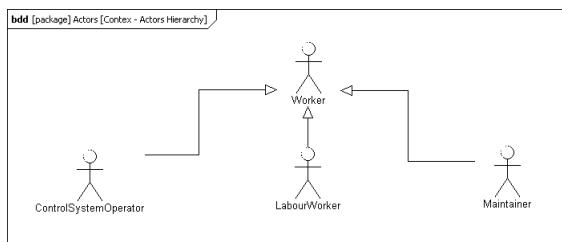
Κεφάλαιο A'



Σχήμα A'.1: Η δομή του μοντέλου Σύλληψης

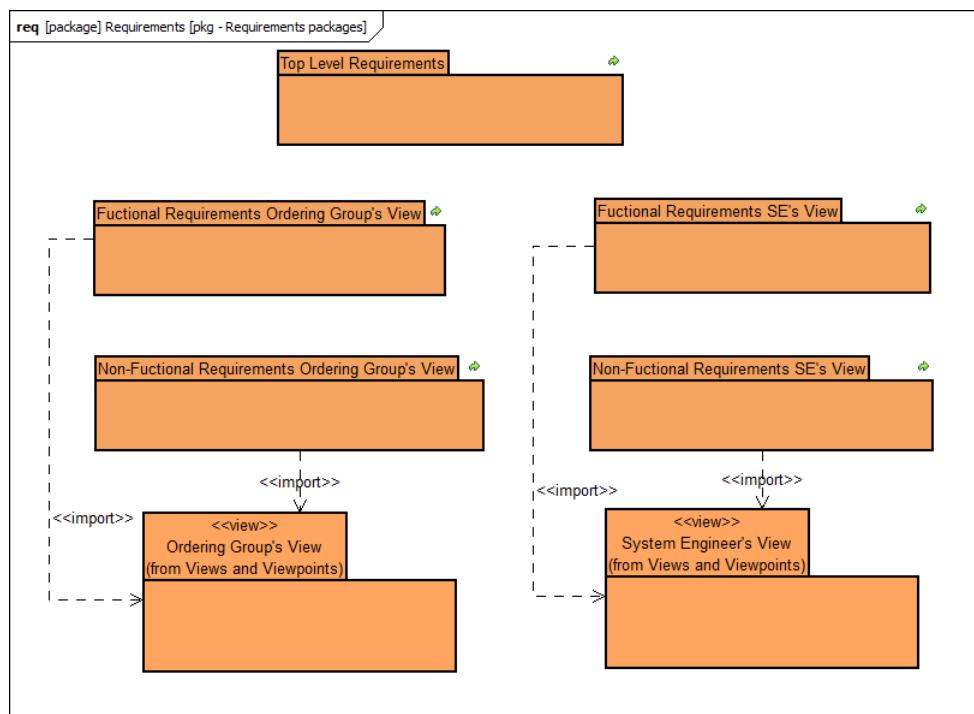


Σχήμα Α'.2: Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Σύλληψης



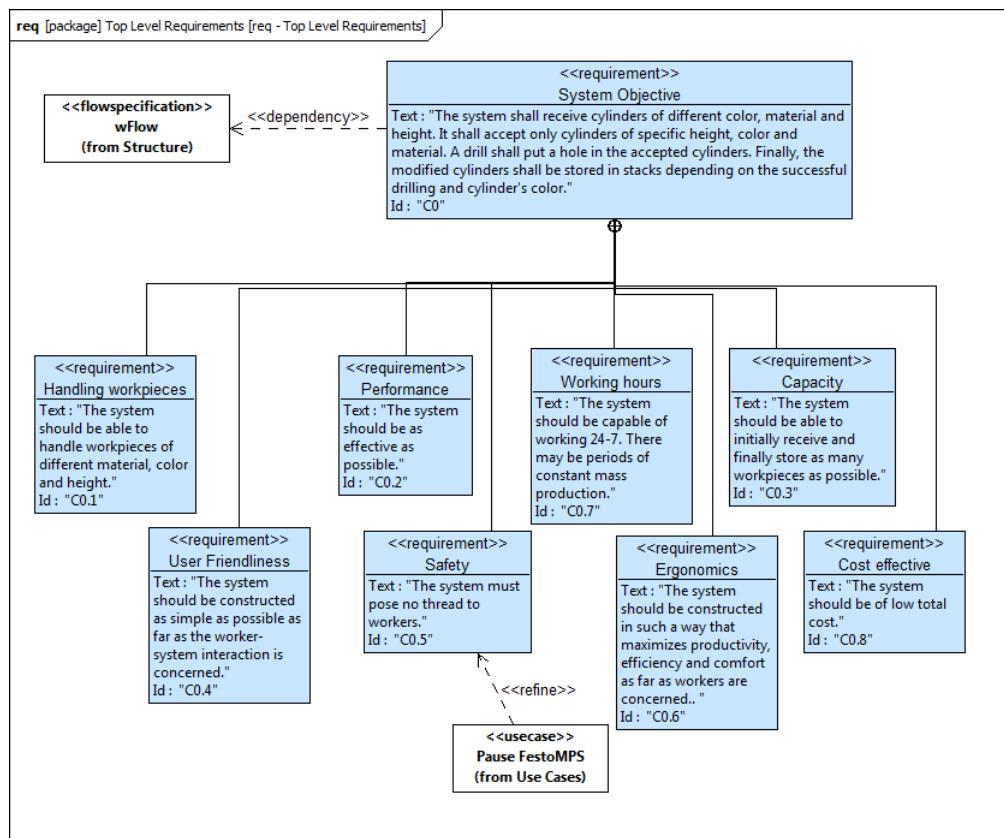
Σχήμα Α'.3: Οι ρόλοι του μοντέλου Σύλληψης

A'.1.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package

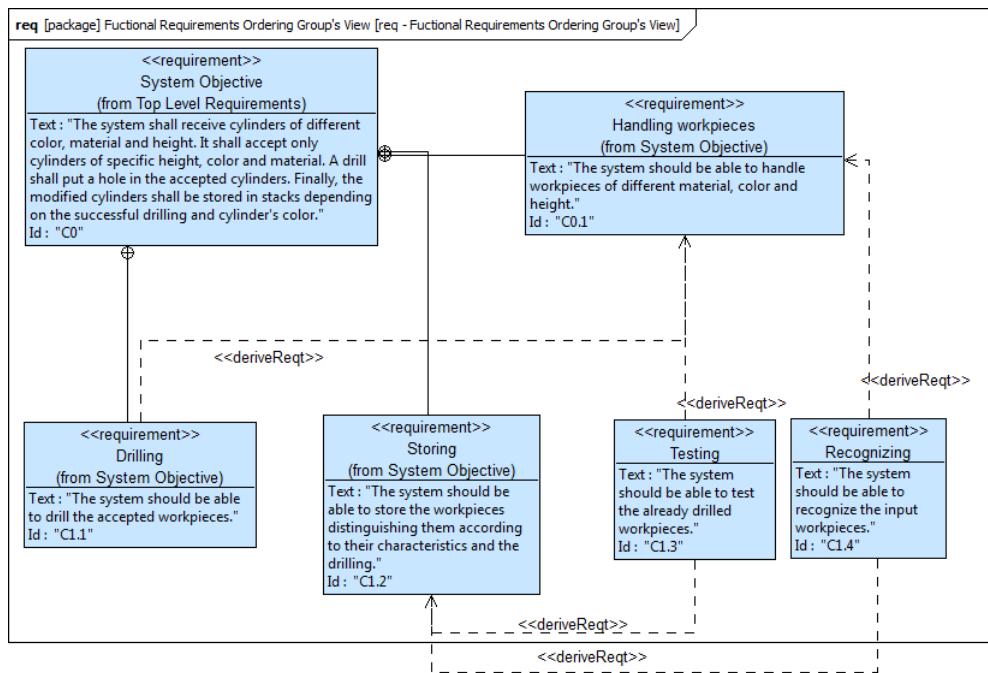


Σχήμα A.4: Η οργάνωση των απαιτήσεων στο μοντέλο Σύλληψης

Κεφάλαιο Α'

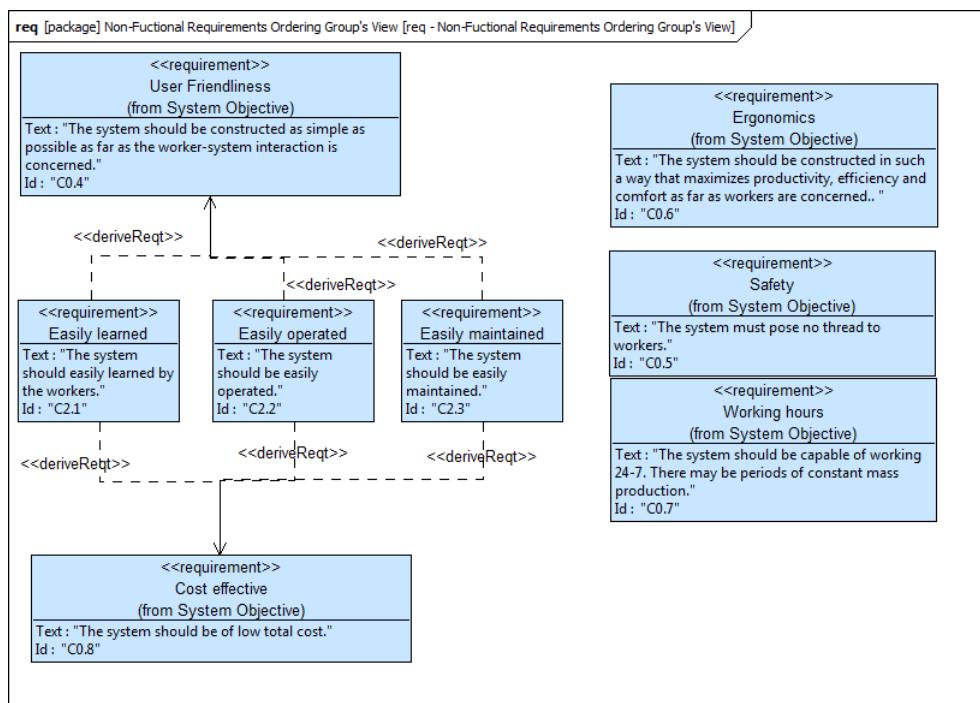


Σχήμα Α'.5: Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Σύλληψης

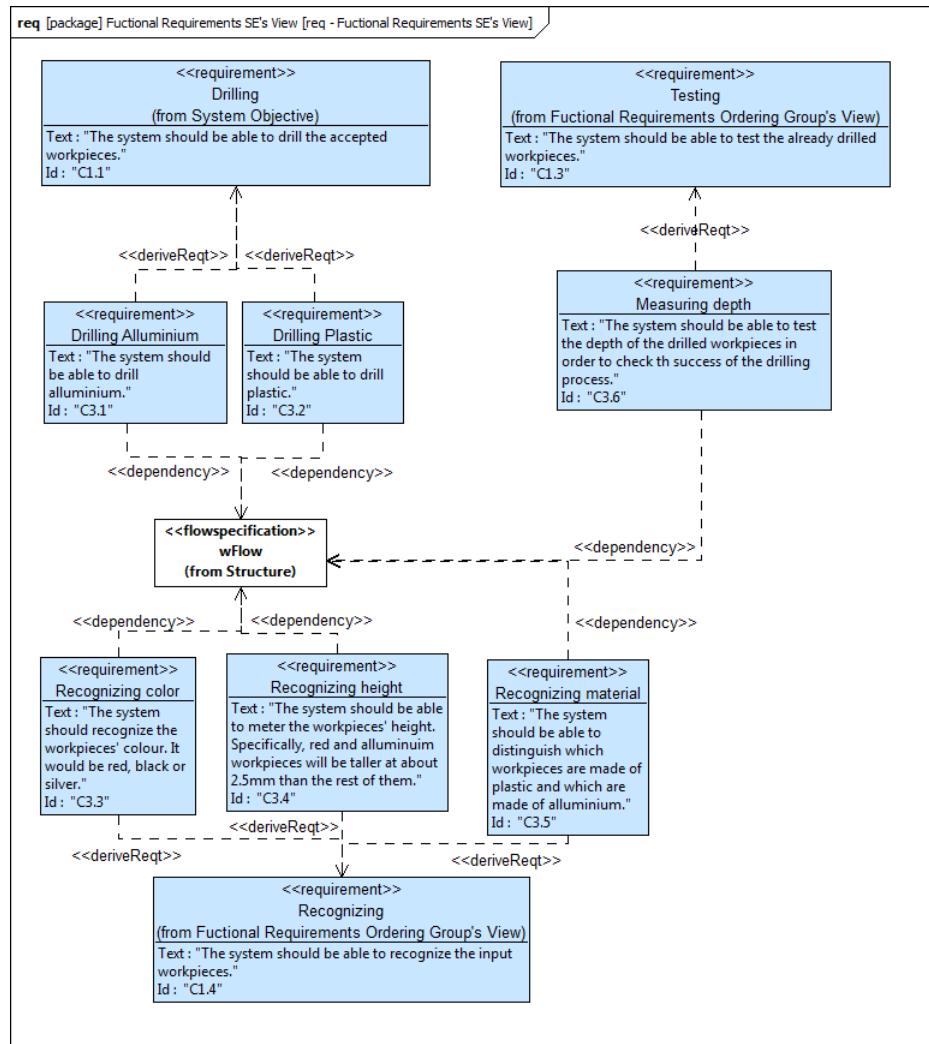


Σχήμα Α'.6: Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλληψης

Κεφάλαιο Α'

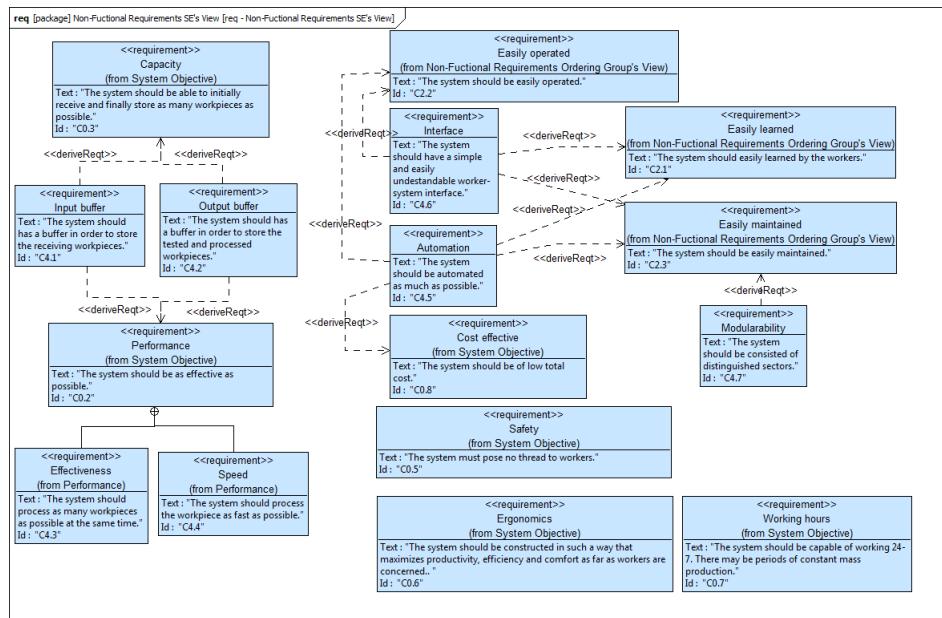


Σχήμα Α'.7: Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλληψης



Σχήμα Α'.8: Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλλογης

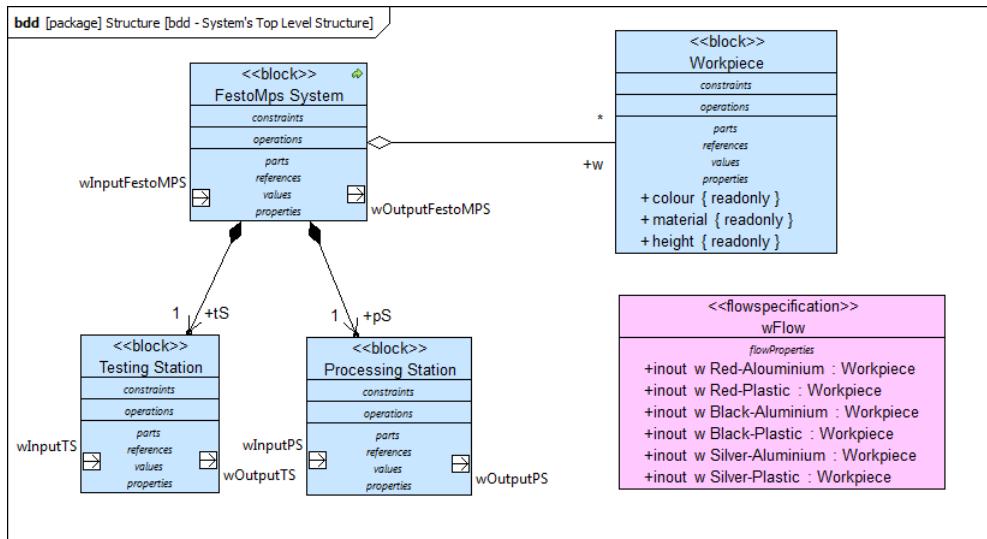
Κεφάλαιο Α'



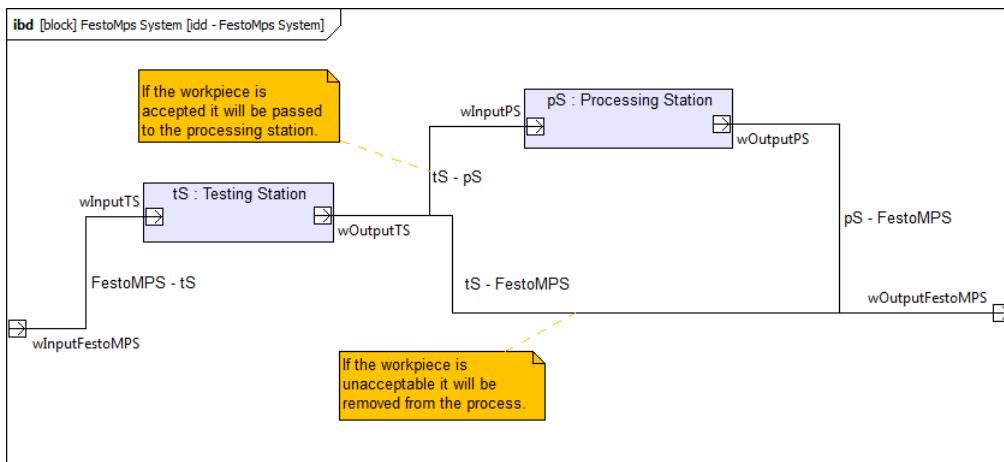
Σχήμα Α'.9: Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλληψης

A'.1.3 Πακέτο δομής - Structure package

Κεφάλαιο A'

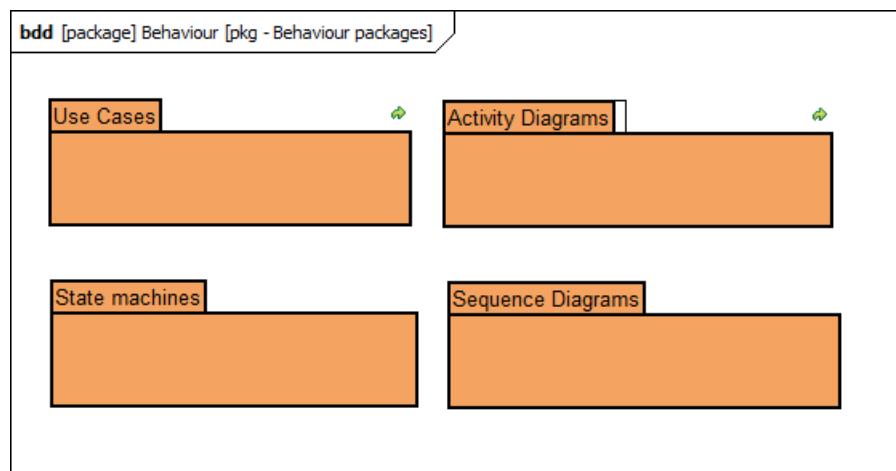


Σχήμα A'.10: Το bdd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

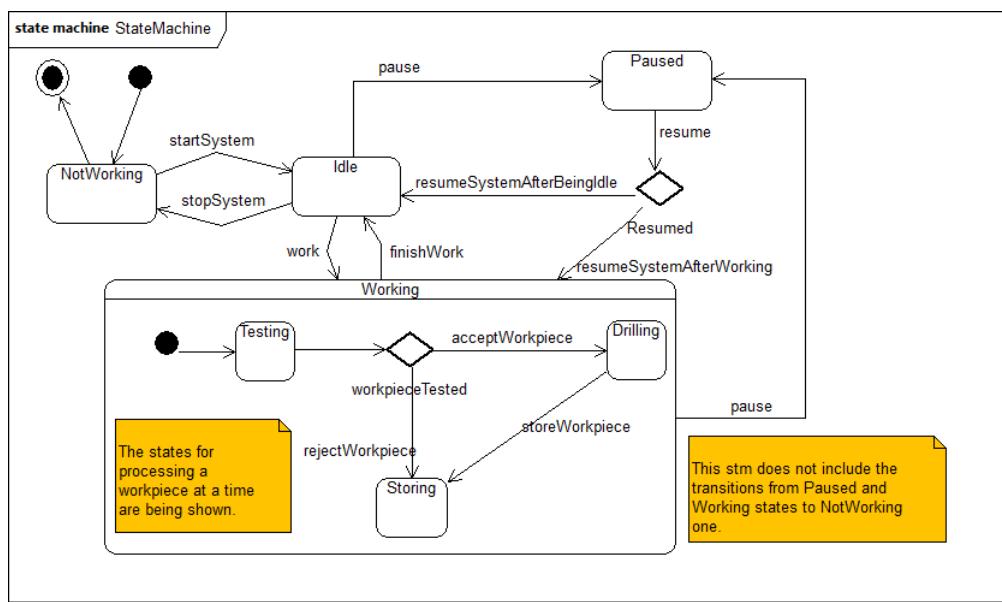


Σχήμα A'.11: Το ibd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

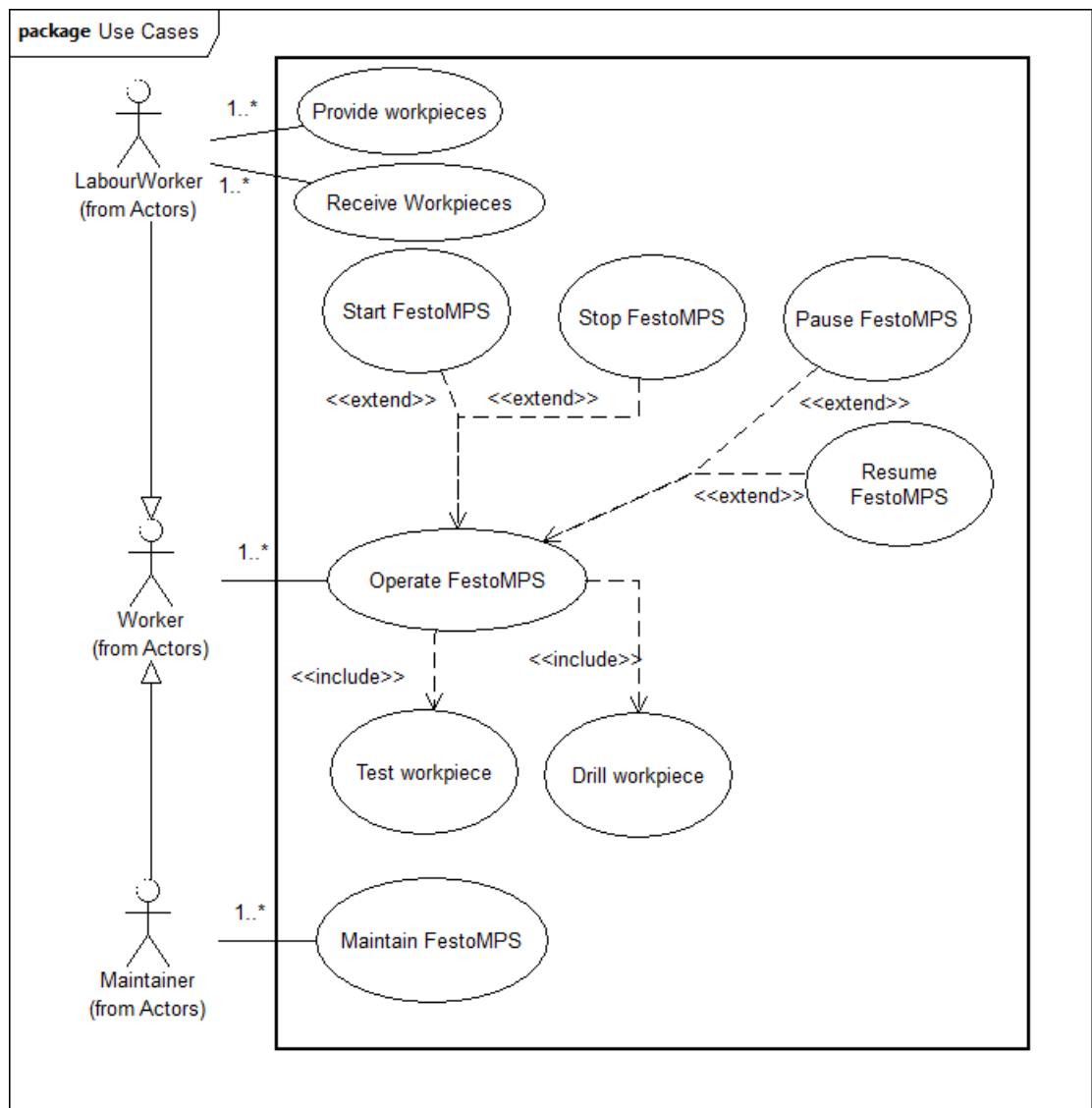
A'.1.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package



Σχήμα A'.12: Η οργάνωση του πακέτου λειτουργίας του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

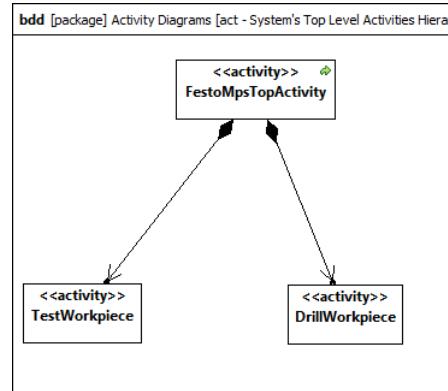


Σχήμα Α'.13: Οι καταστάσεις λειτουργίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

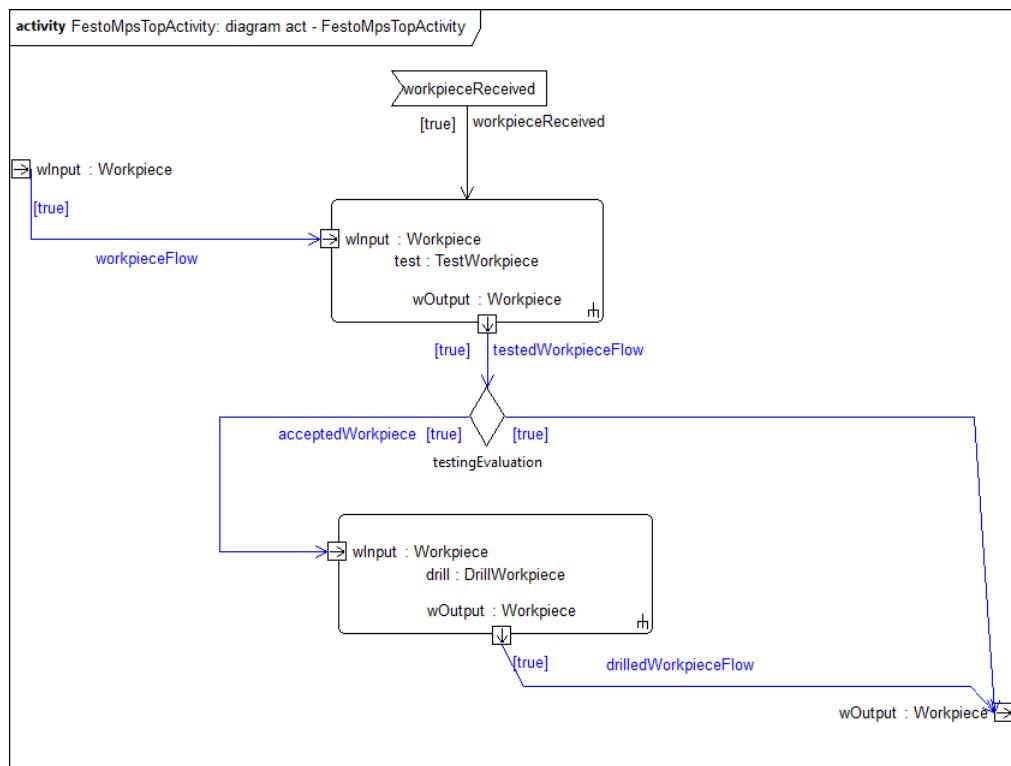


Σχήμα Α'.14: Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

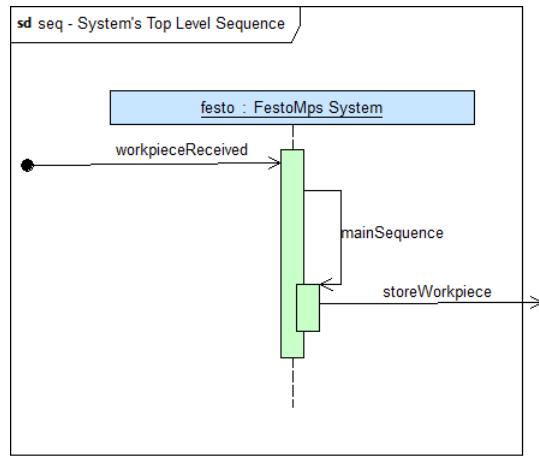
Κεφάλαιο Α'



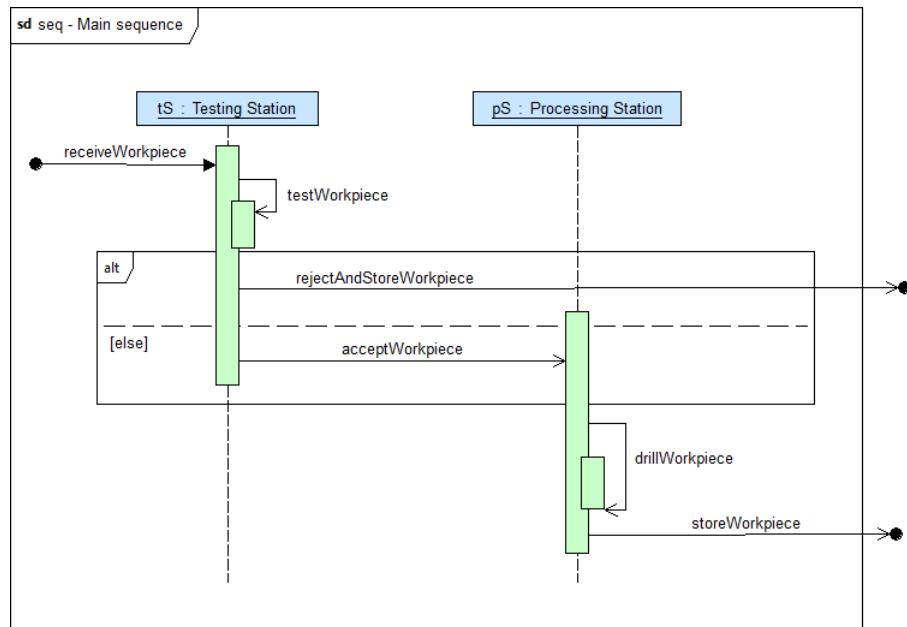
Σχήμα Α'.15: Η οργάνωση των Ενεργειών του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης



Σχήμα Α'.16: Οι ενέργειες του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης



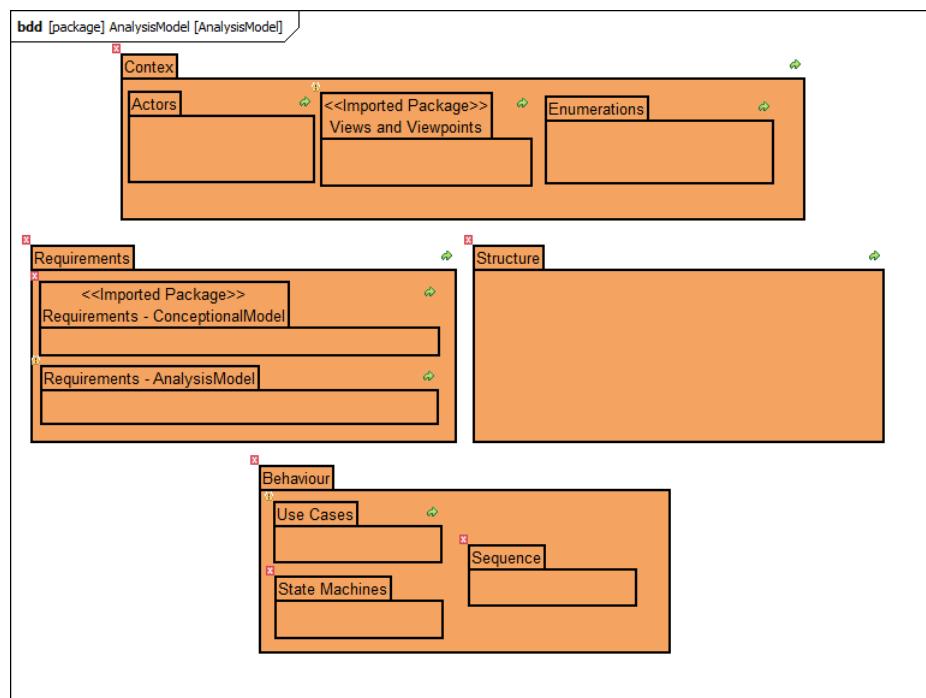
Σχήμα A'.17: Το αφαιρετικό διάγραμμα ακολουθίας του μοντέλου Σύλληψης



Σχήμα A'.18: Το διάγραμμα της κύριας ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

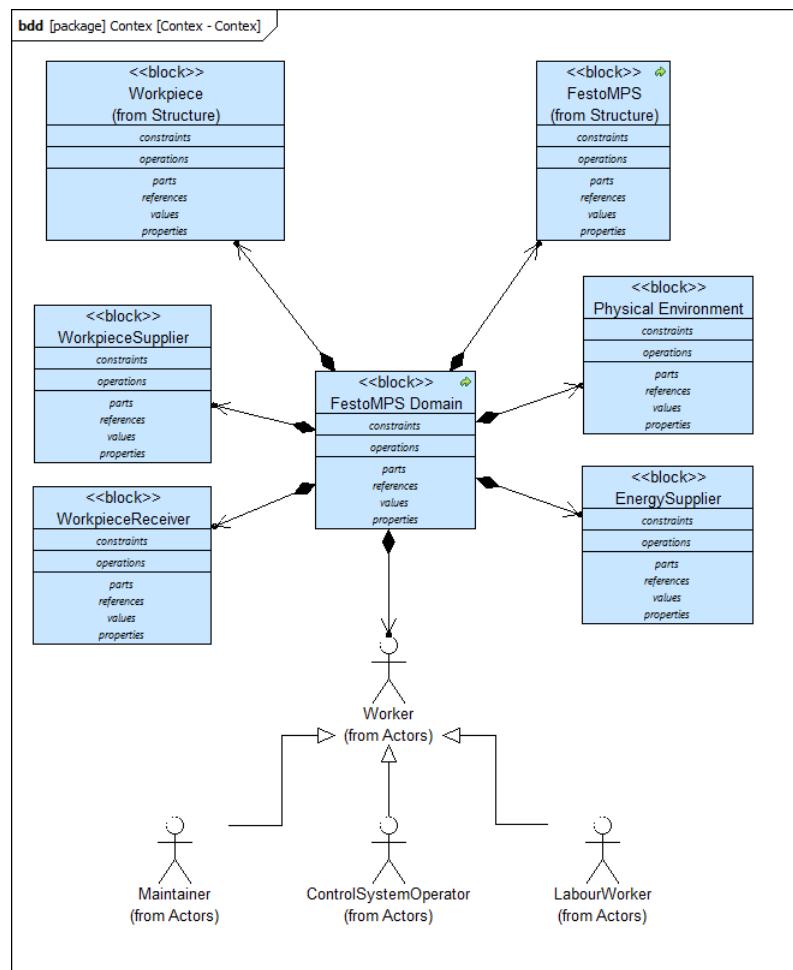
A'.2 Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model

A'.2.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex

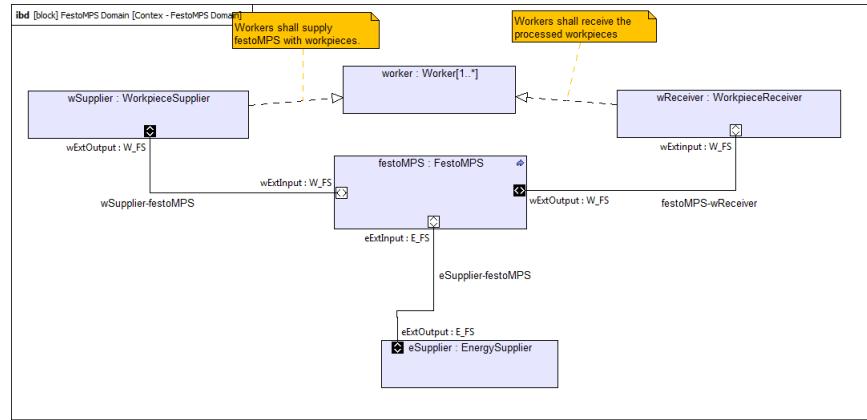


Σχήμα Α'.19: Η δομή του μοντέλου Ανάλυσης

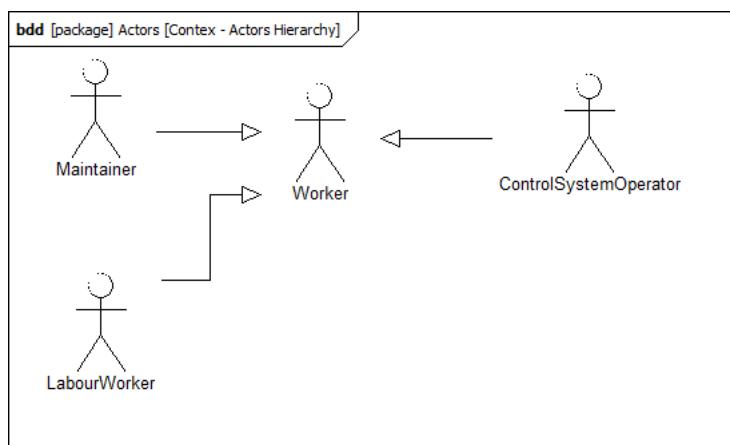
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.20: Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Ανάλυσης

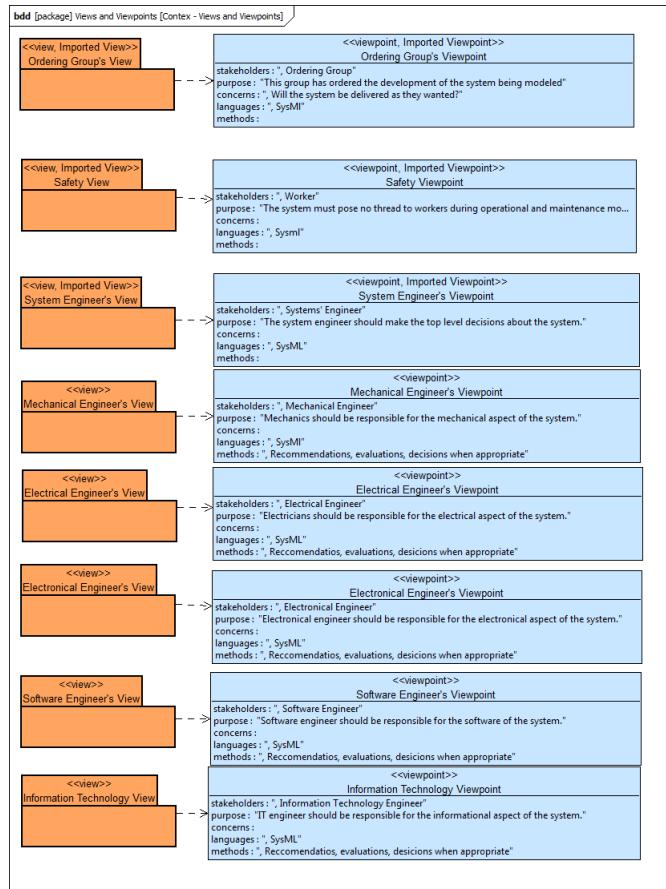


Σχήμα A'.21: Η σχέση του συστήματος με τον χώρο υλοποίησης του στο μοντέλο Ανάλυσης

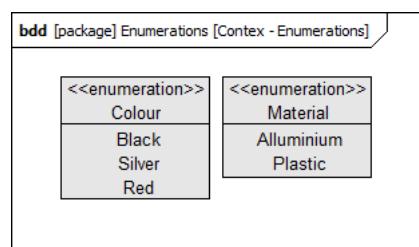


Σχήμα A'.22: Οι ρόλοι του μοντέλου Ανάλυσης

Κεφάλαιο Α'



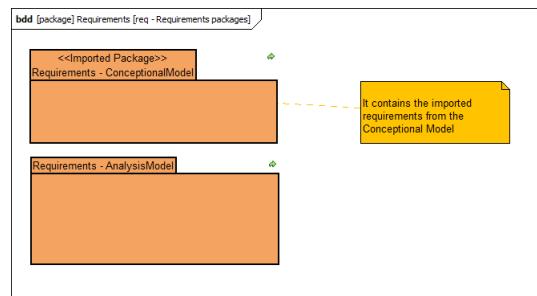
Σχήμα Α'.23: Οι όψεις του μοντέλου Ανάλυσης



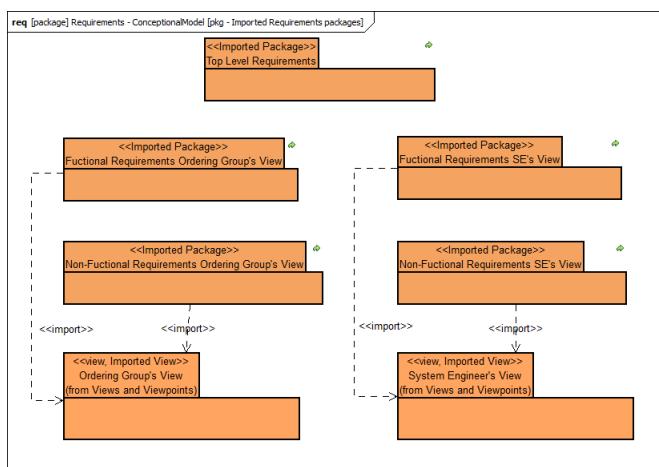
Σχήμα Α'.24: Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Ανάλυσης

A'.2.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package

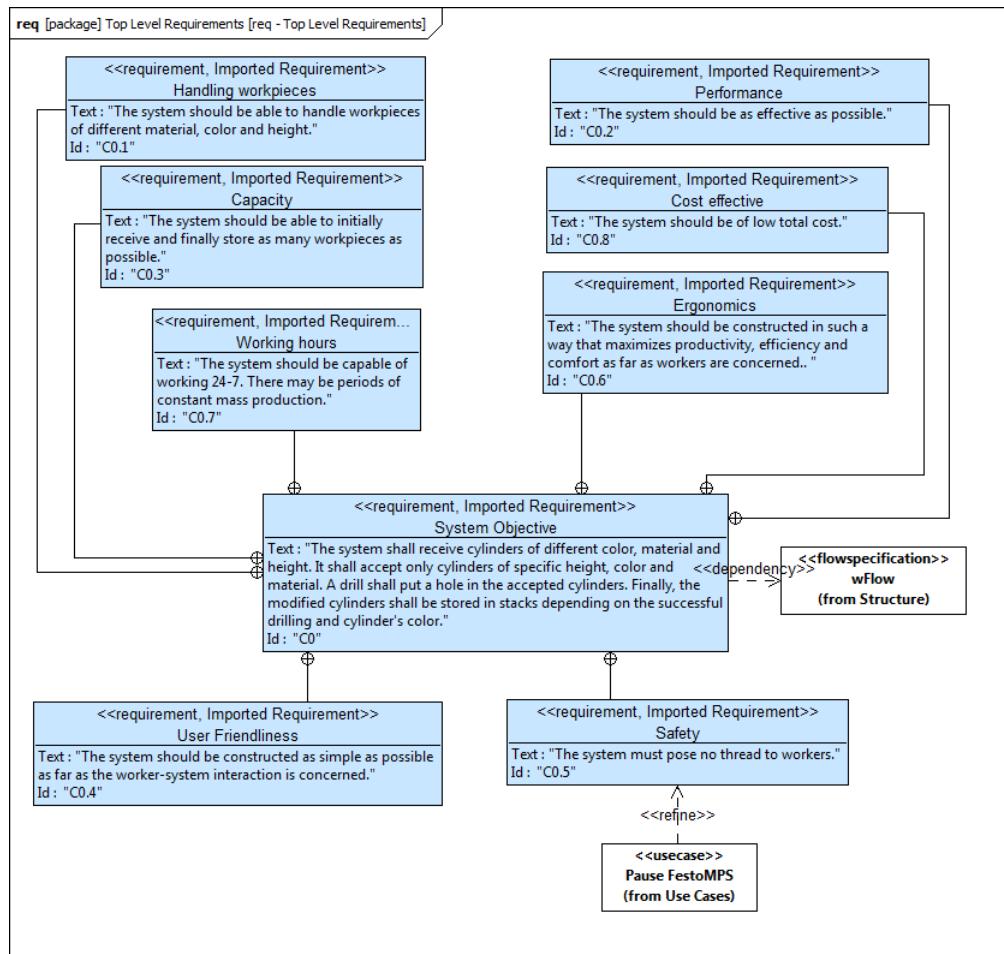
Κεφάλαιο A'



Σχήμα A'.25: Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης

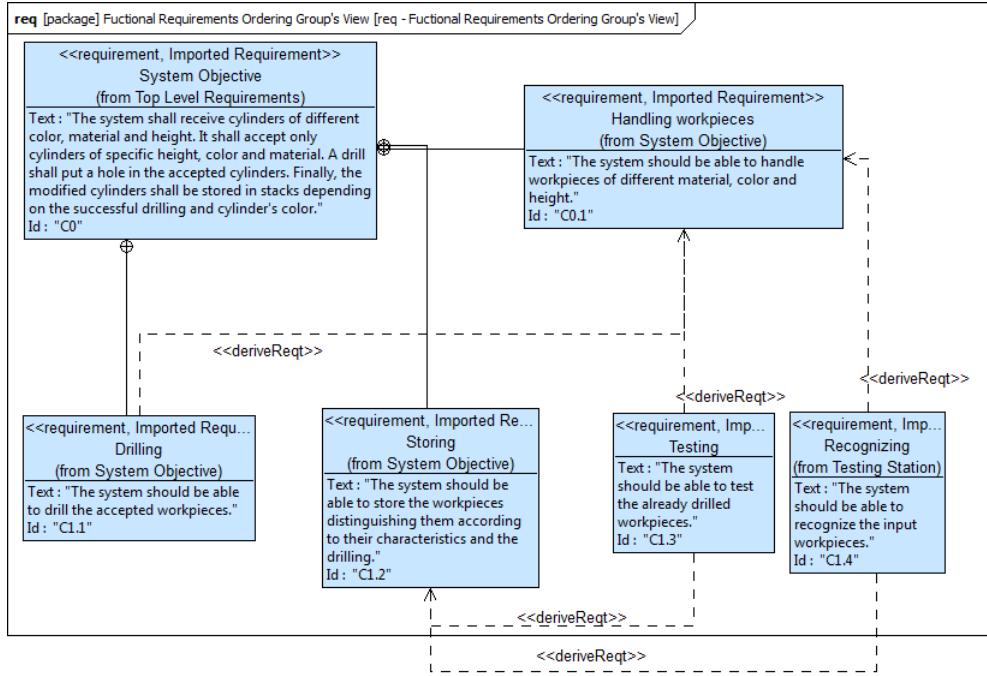


Σχήμα A'.26: Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης

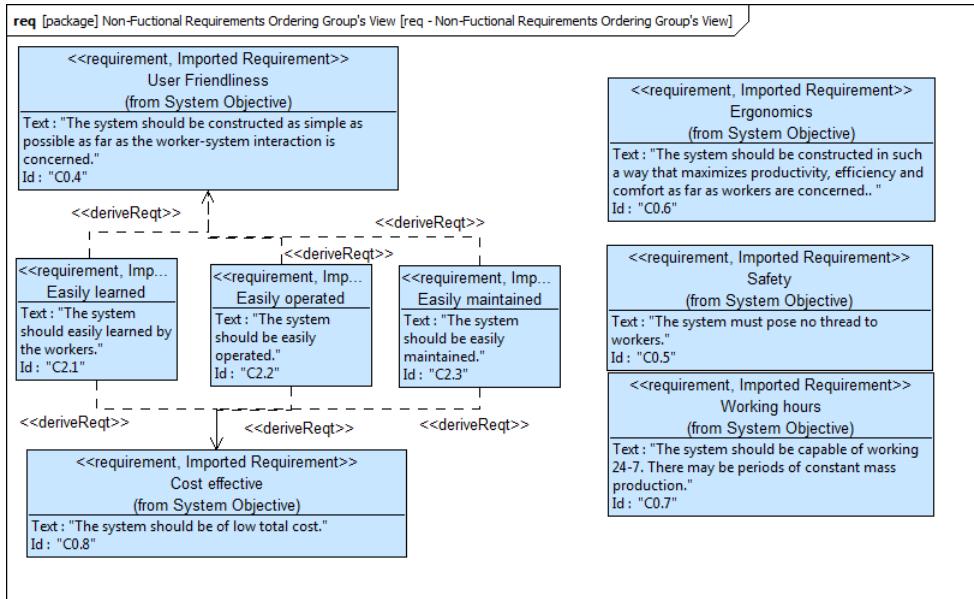


Σχήμα Α'27: Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο σύλληψης

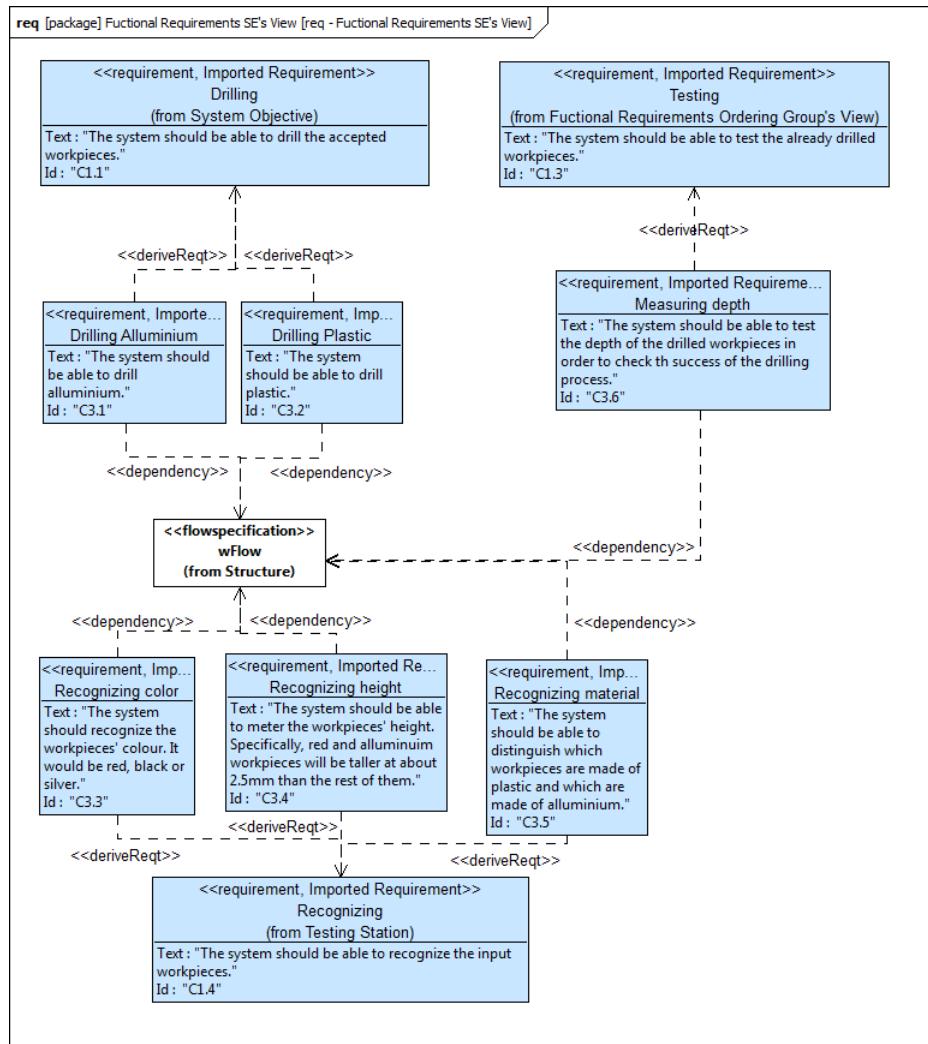
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.28: Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης

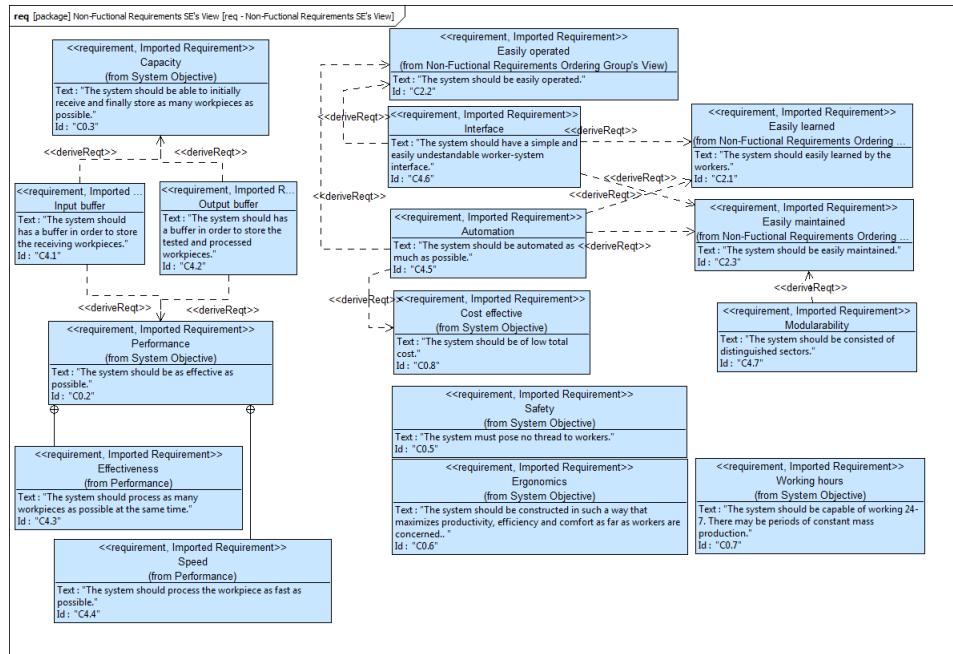


Σχήμα Α'.29: Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης

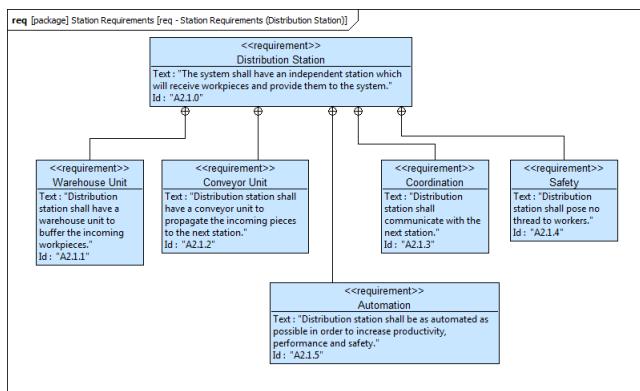


Σχήμα Α'.30: Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλλογης

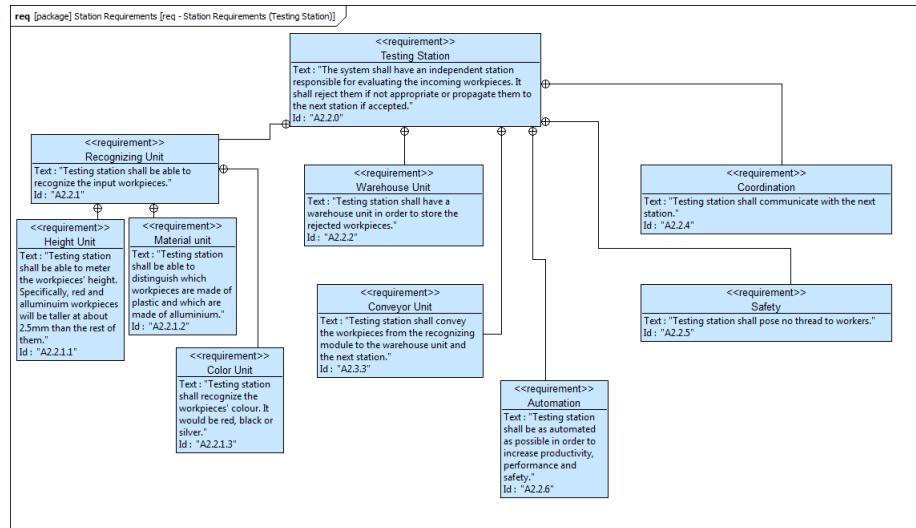
Κεφάλαιο Α'



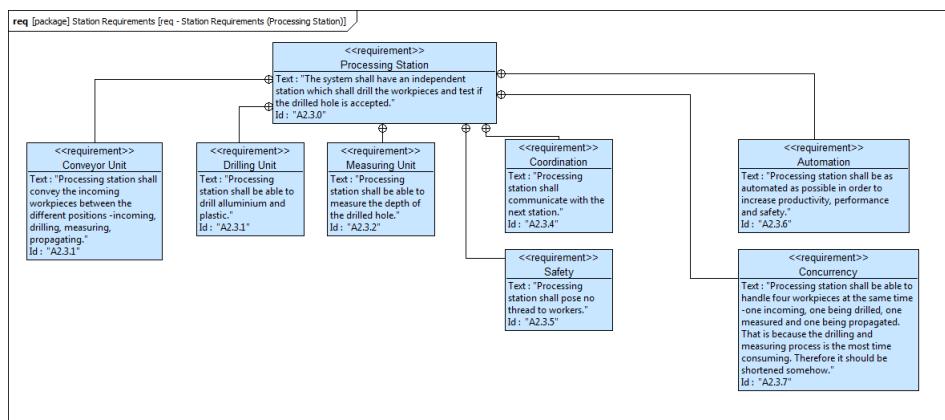
Σχήμα Α'.31: Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης



Σχήμα Α'.32: Οι απαιτήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

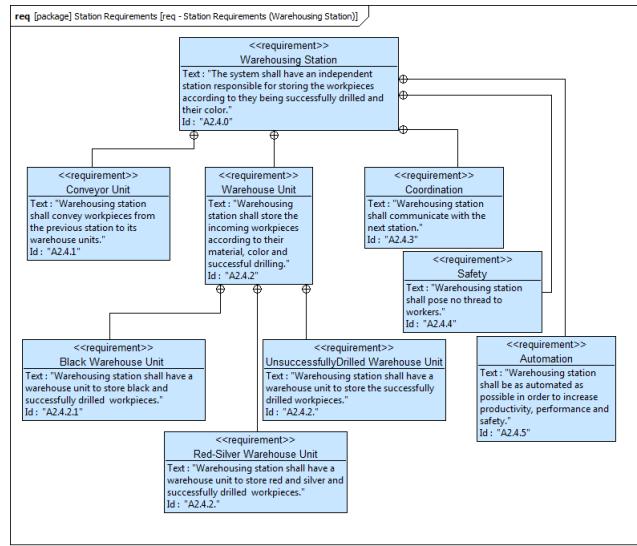


Σχήμα Α'.33: Οι απαιτήσεις του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

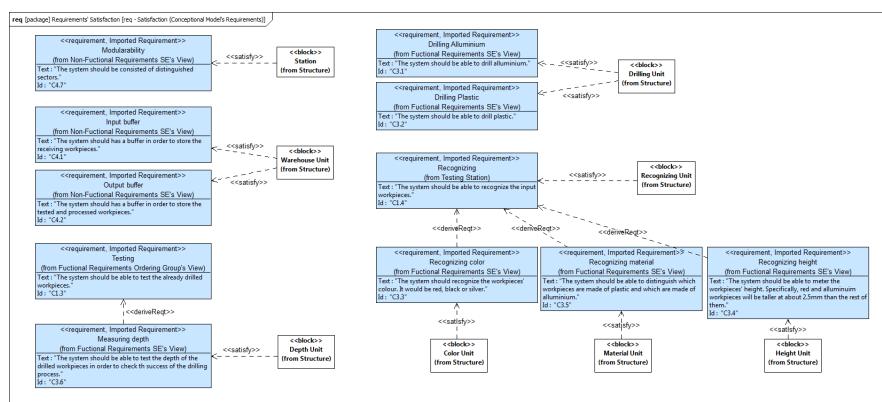


Σχήμα Α'.34: Οι απαιτήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

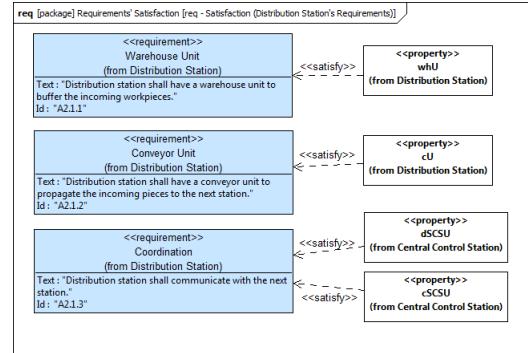
Κεφάλαιο Α'



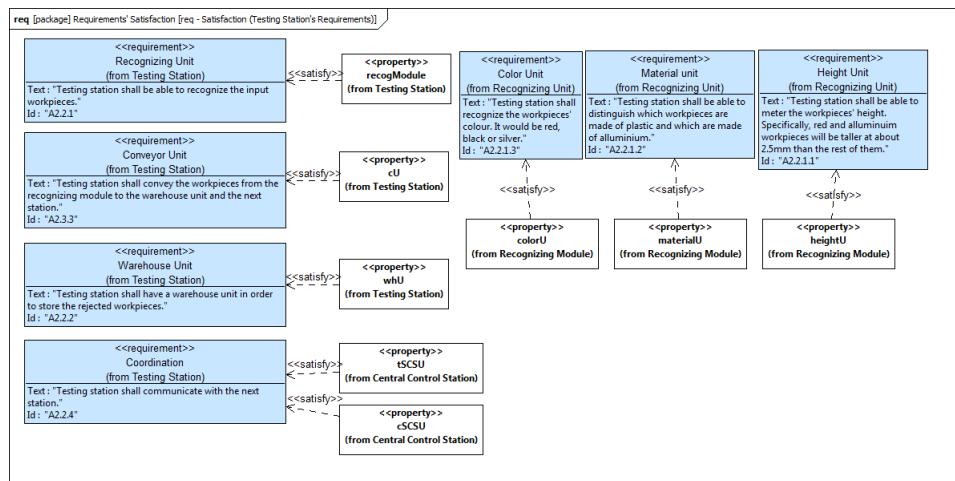
Σχήμα Α'.35: Οι απαιτήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα Α'.36: Η πλήρωση των απαιτήσεων του μοντέλου Σύλληψης

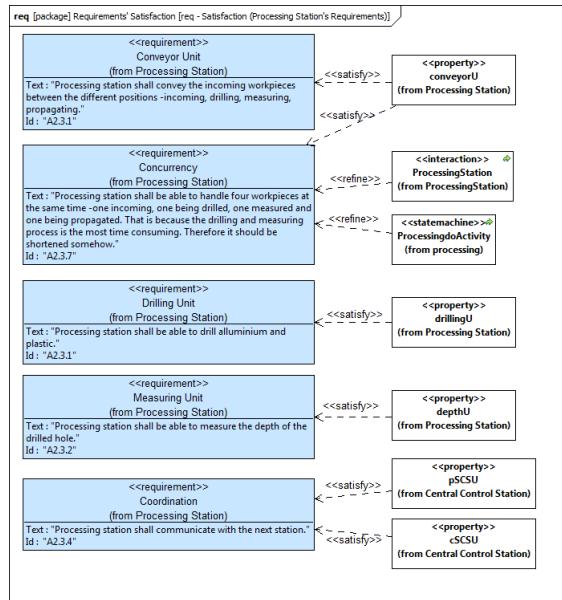


Σχήμα Α'.37: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

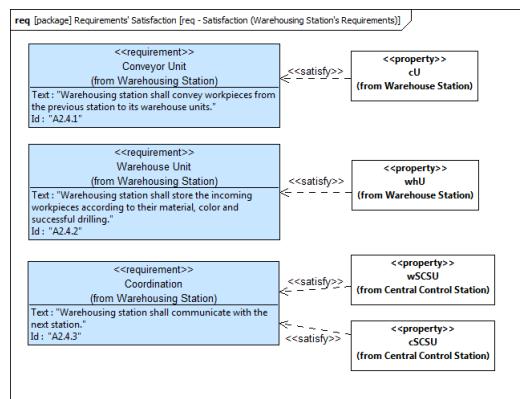


Σχήμα Α'.38: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

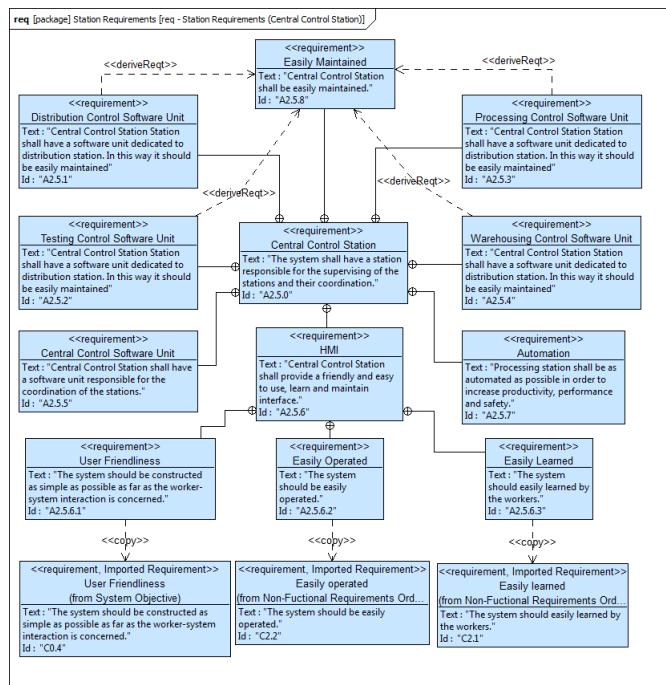
Kεφάλαιο A'



Σχήμα A'.39: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

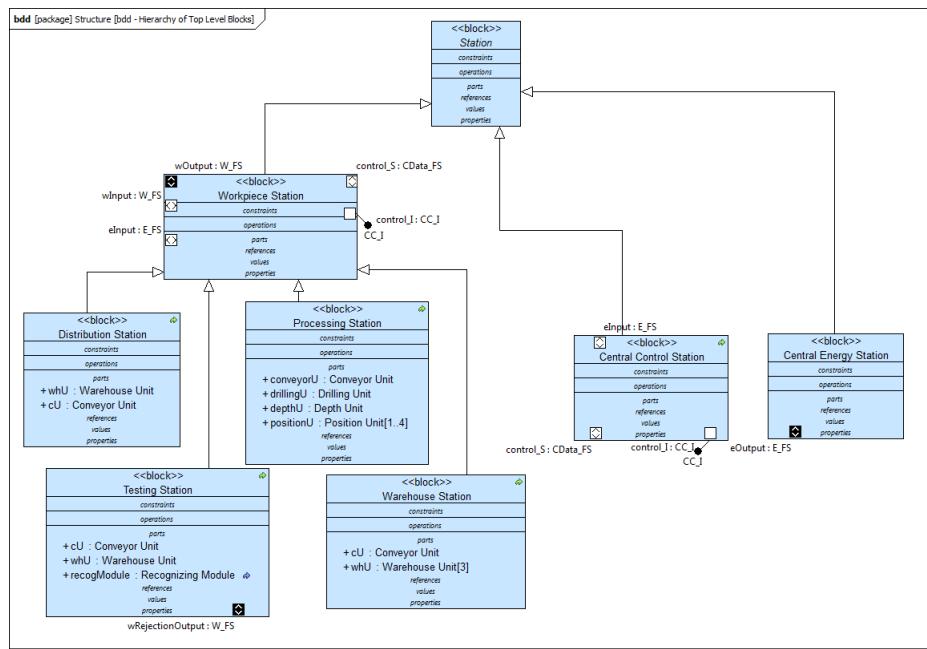


Σχήμα A'.40: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



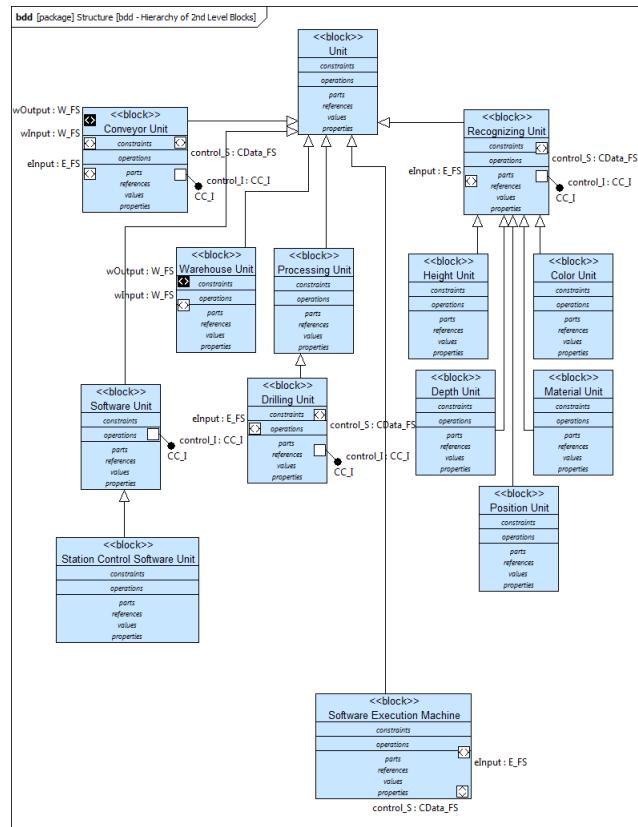
Σχήμα A.41: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

A'.2.3 Πακέτο δομής - Structure package

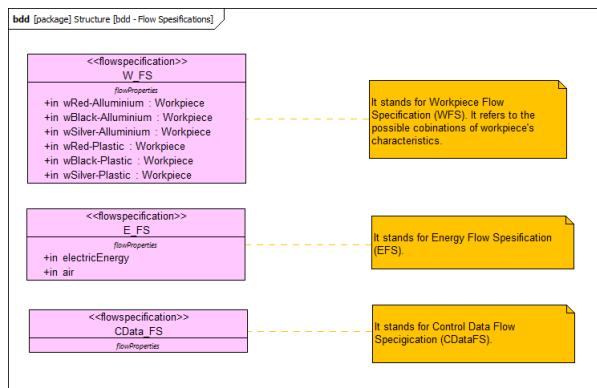


Σχήμα Α'.42: Η ιεραρχική διάρθρωση των βασικών δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης

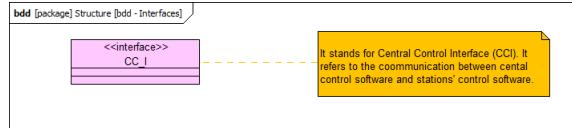
Κεφάλαιο Α'



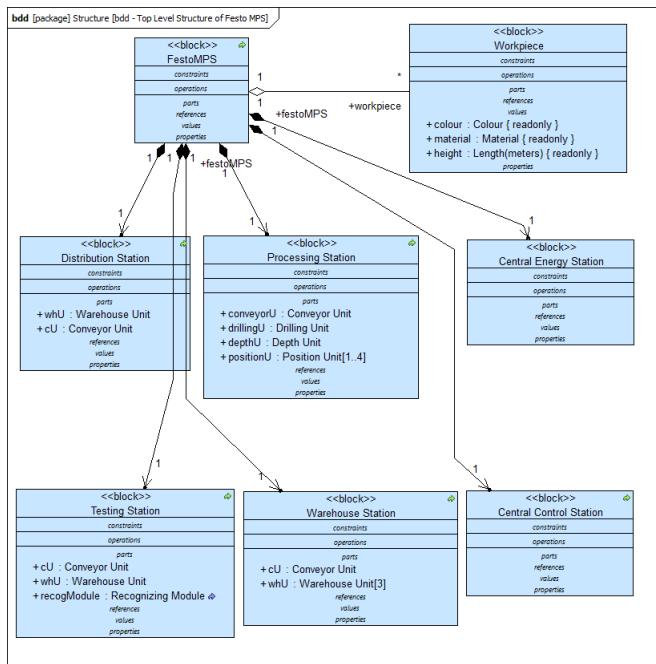
Σχήμα Α'.43: Η ιεραρχική διάρθρωση των δευτερευόντων δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης



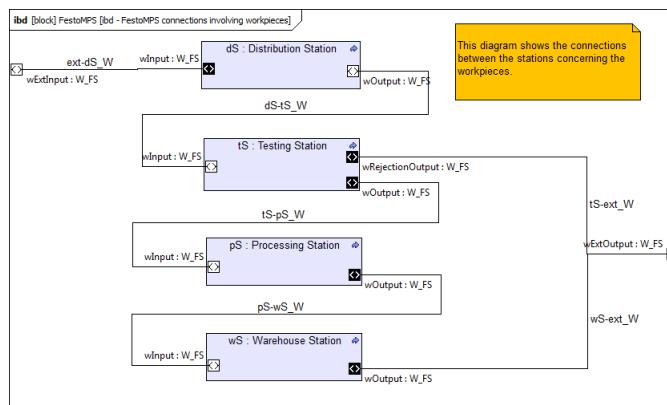
Σχήμα Α'.44: Οι τεκμηριώσεις των ροών στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα Α'.45: Οι τεκμηριώσεις των διεπαφών στο μοντέλο Ανάλυσης

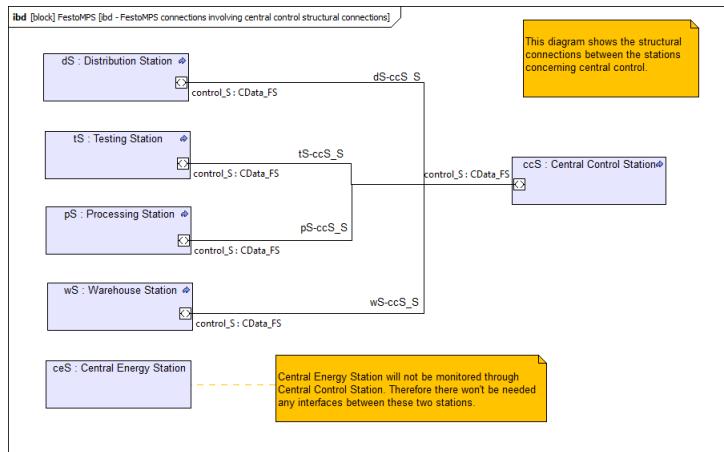


Σχήμα Α'.46: To bdd του Festo Mps στο μοντέλο Ανάλυσης

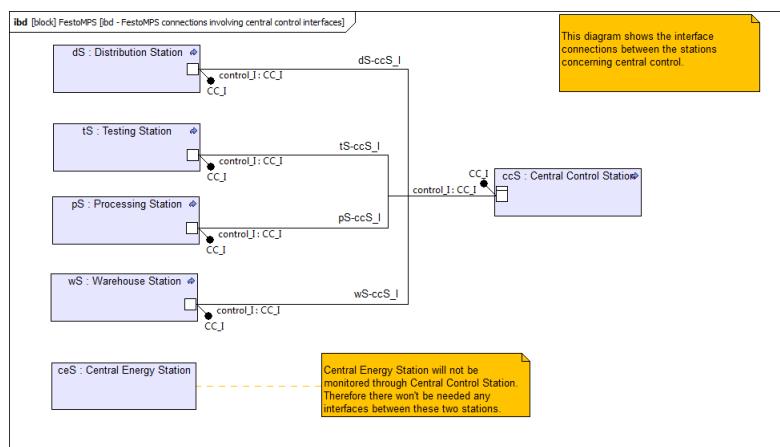


Σχήμα Α'.47: To ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης

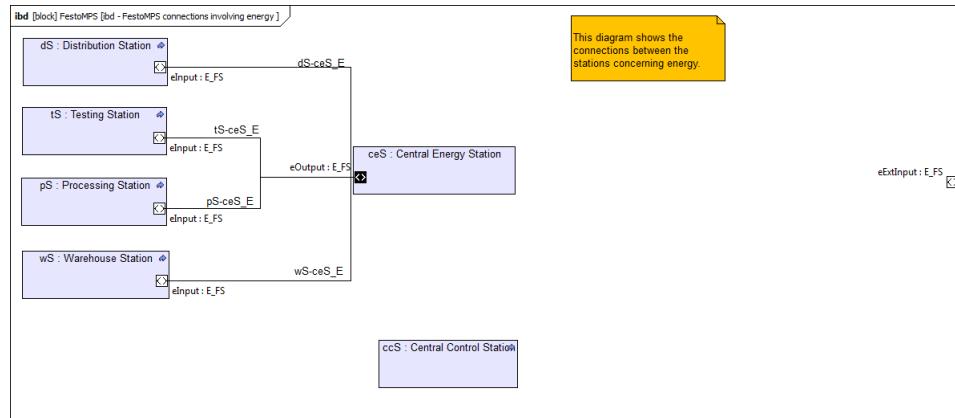
Κεφάλαιο A'



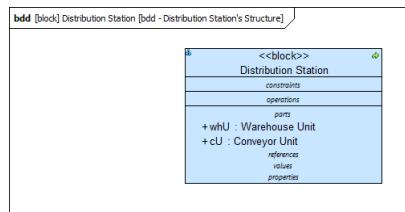
Σχήμα A'.48: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις γραμμές ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



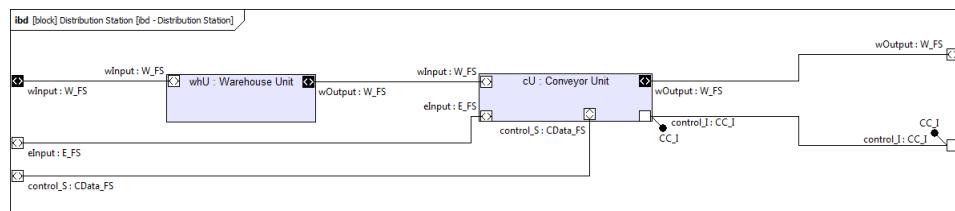
Σχήμα A'.49: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις διεπαφές στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.50: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στην ενέργεια στο μοντέλο Ανάλυσης

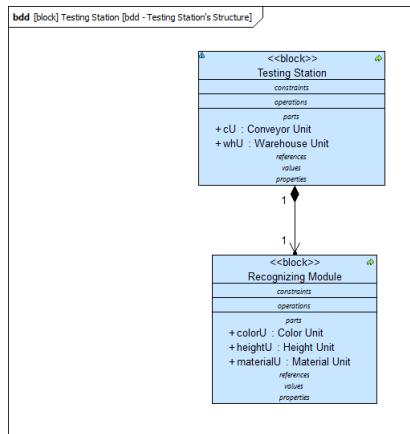


Σχήμα A'.51: Το bdd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

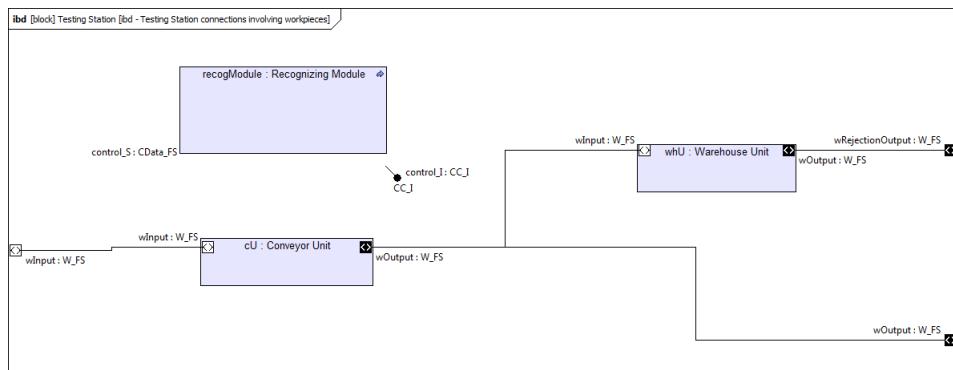


Σχήμα A'.52: Το ibd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

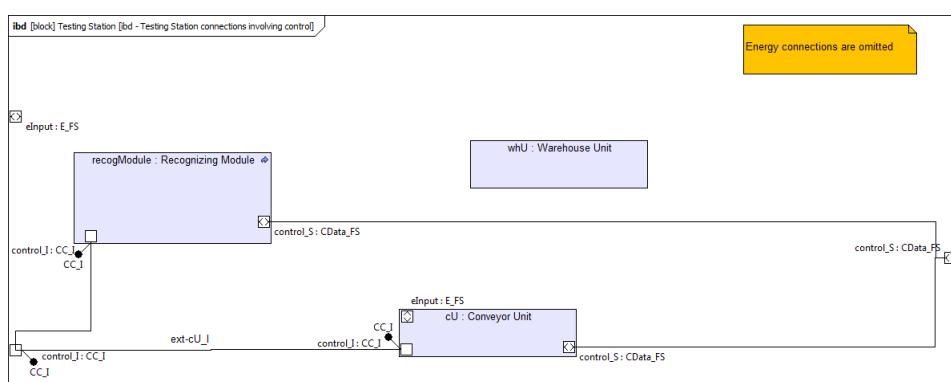
Κεφάλαιο Α'



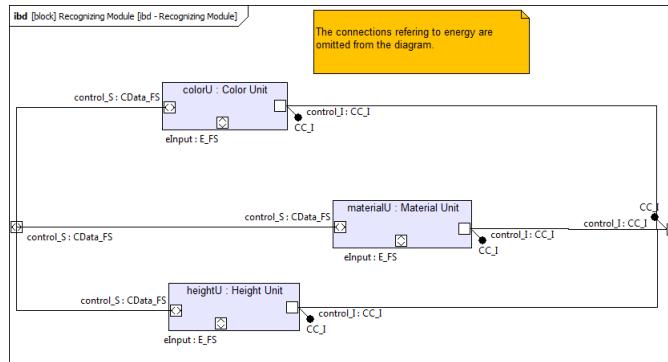
Σχήμα Α'.53: Το bdd του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



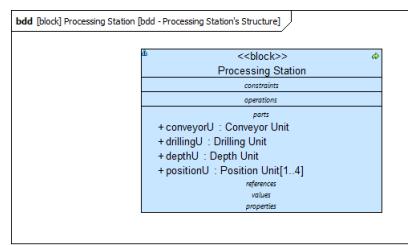
Σχήμα Α'.54: Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης



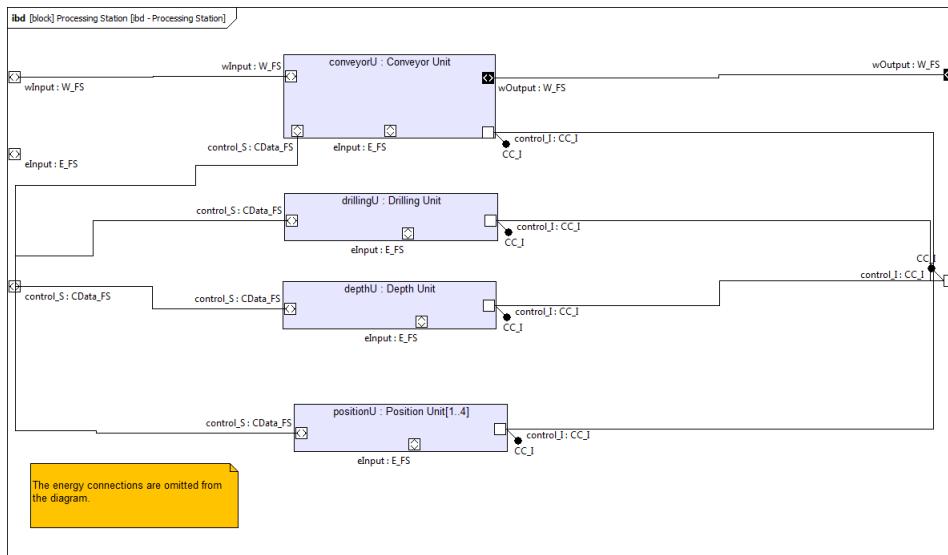
Σχήμα Α'.55: Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στον έλεγχο στο μοντέλο Ανάλυσης



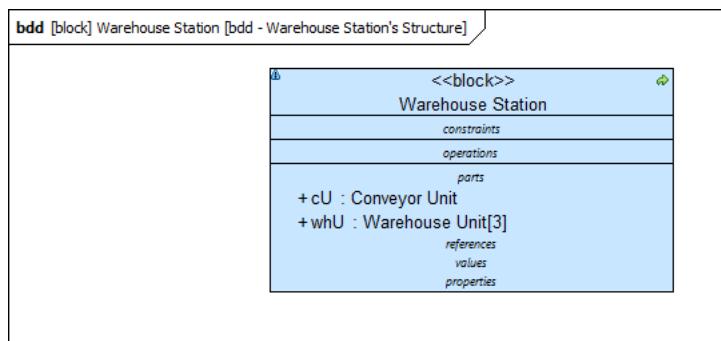
Σχήμα Α'.56: Το ibd της μονάδας αναγνώρισης στο μοντέλο Ανάλυσης



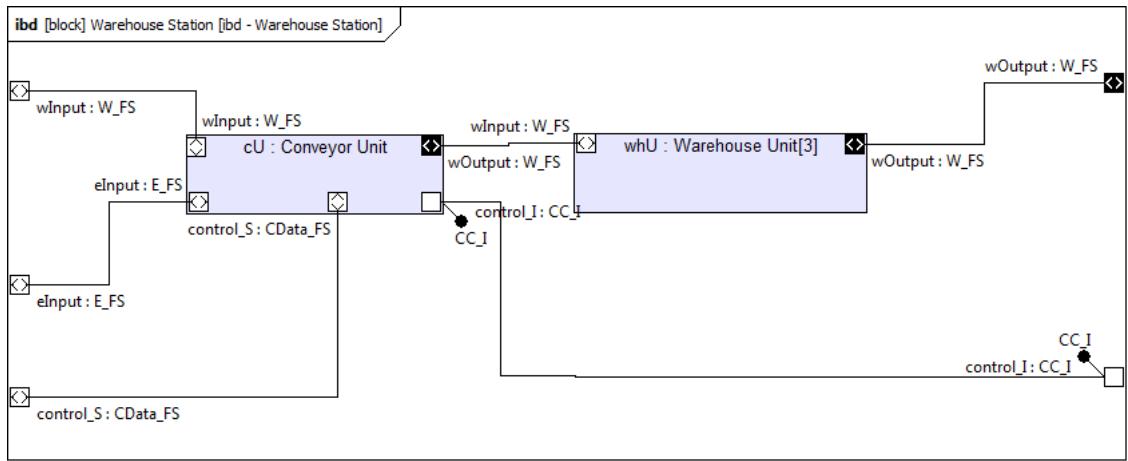
Σχήμα Α'.57: Το bdd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης



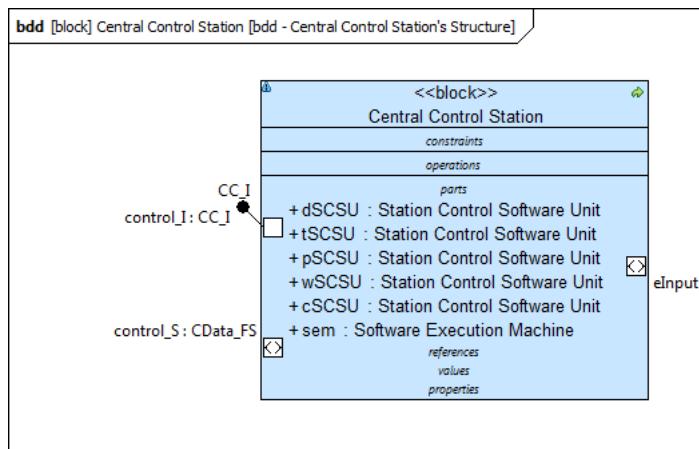
Σχήμα Α'.58: Το ibd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.59: Το bdd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης

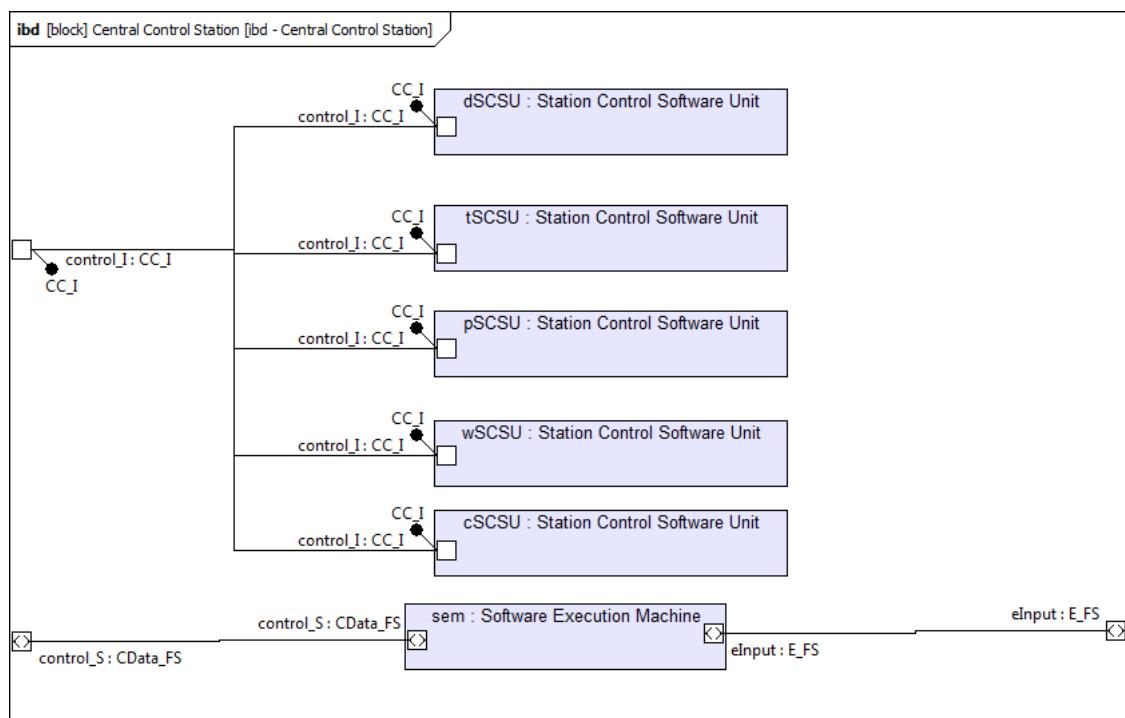


Σχήμα A'.60: Το ibd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.61: Το bdd του σταθμού κεντρικού ελέχου στο μοντέλο Ανάλυσης

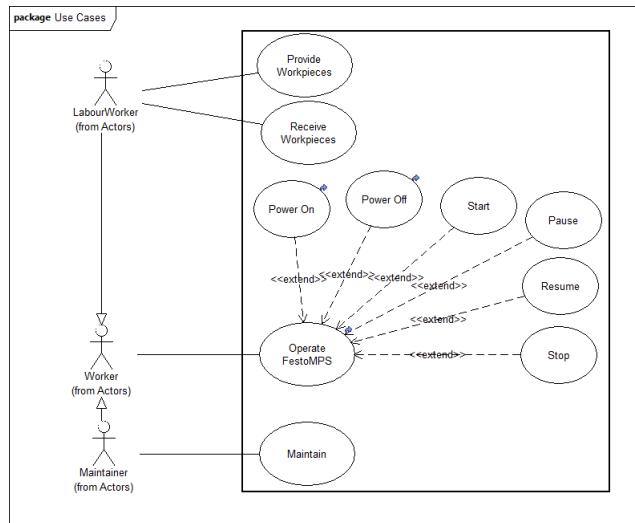
Κεφάλαιο Α'



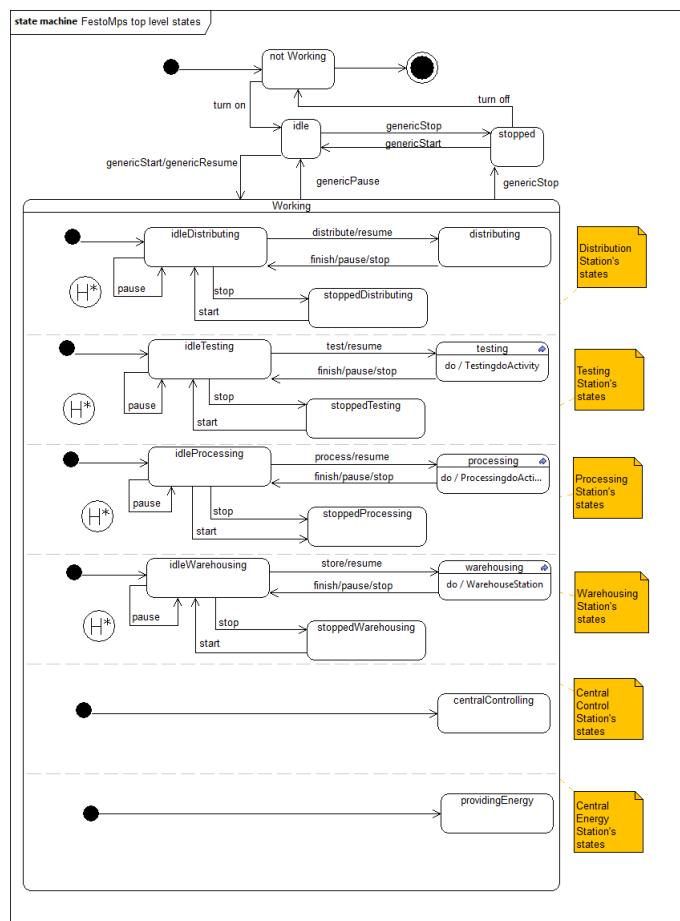
Σχήμα Α'.62: Το ibd του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

A'.2.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package

Κεφάλαιο Α'

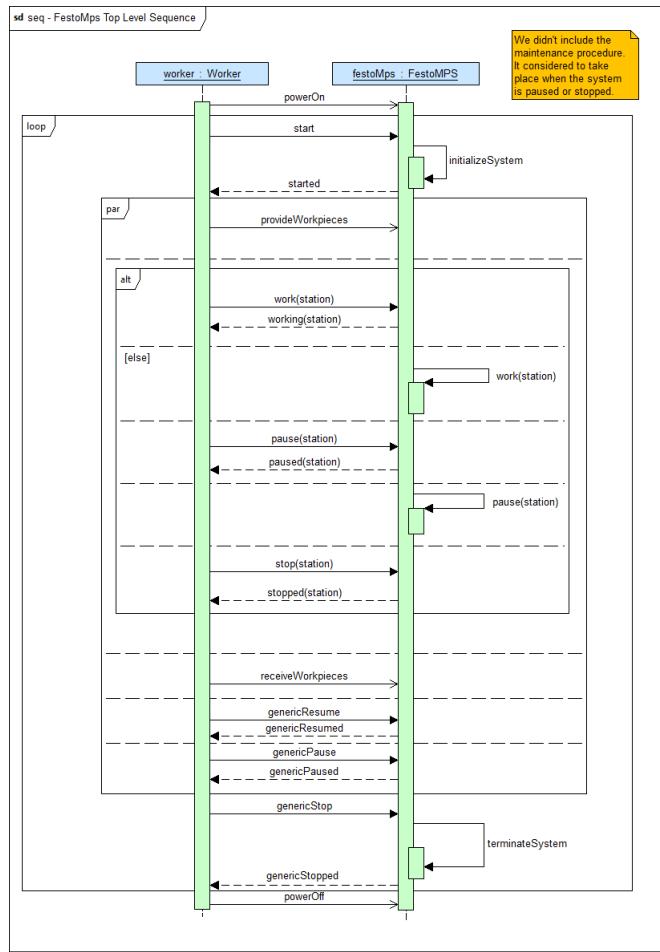


Σχήμα A'.63: Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Avá-λυσης

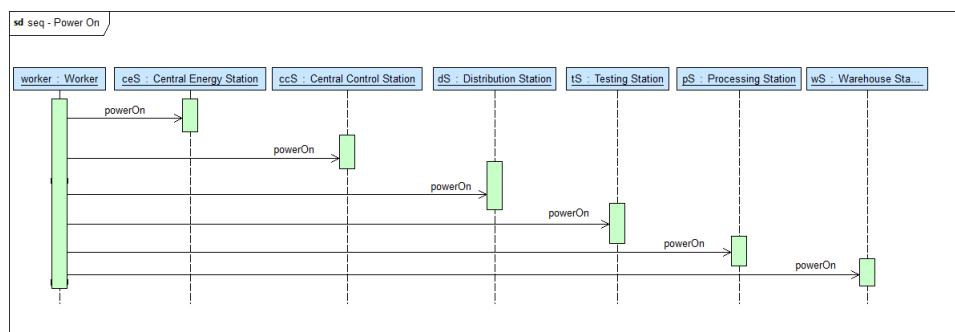


Σχήμα Α'.64: Το διάγραμμα καταστάσεων του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

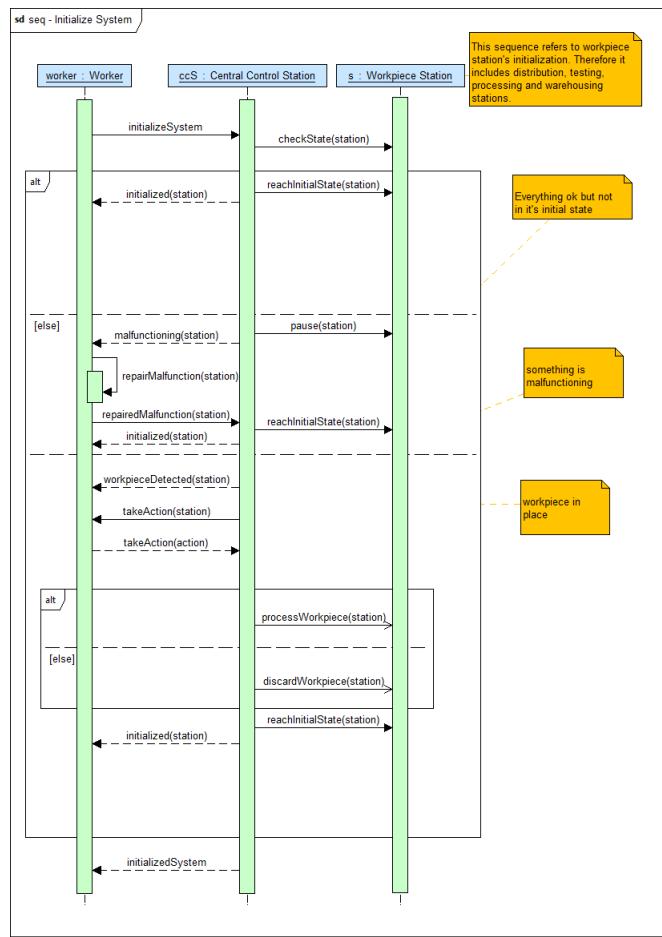
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.65: Το διάγραμμα ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

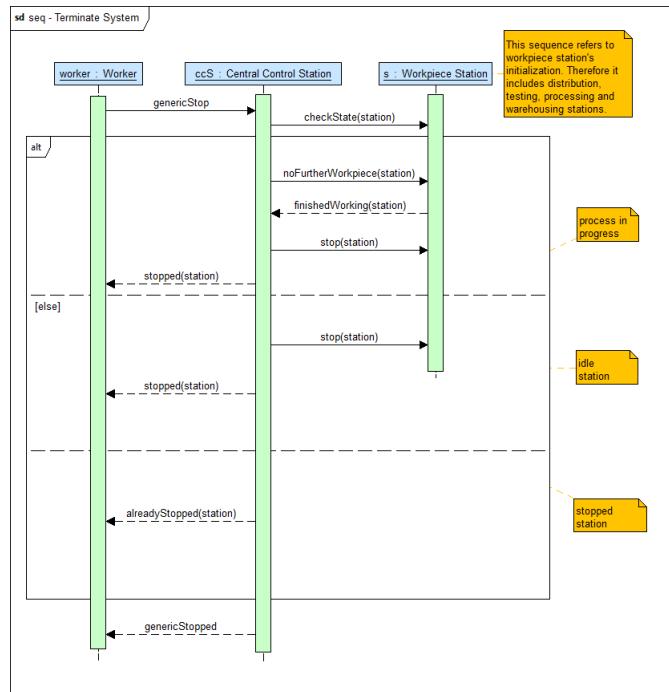


Σχήμα Α'.66: Το διάγραμμα ακολουθίας για την ενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

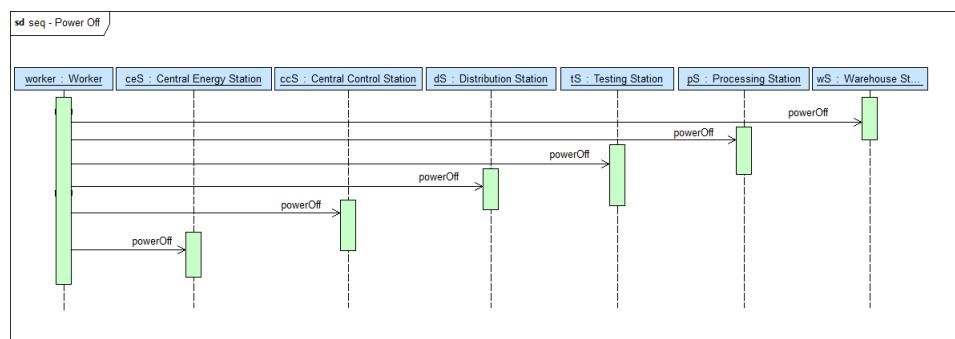


Σχήμα A'.67: Το διάγραμμα ακολουθίας για την αρχικοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

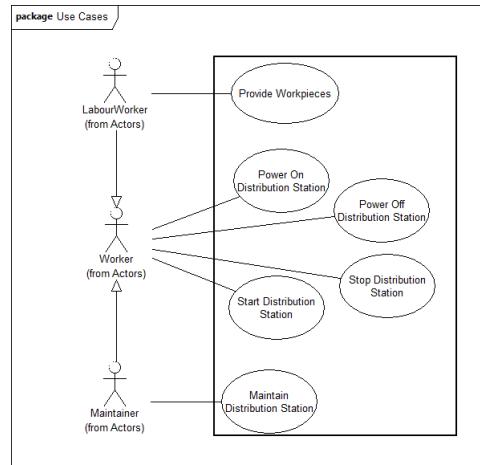
Kεφάλαιο A'



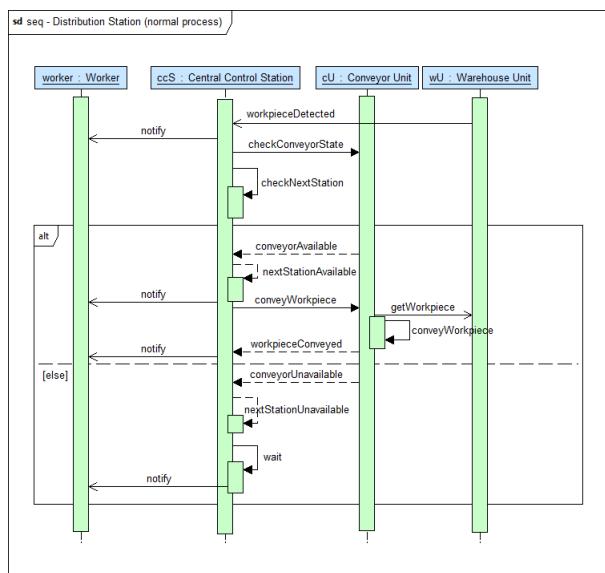
Σχήμα A'.68: Το διάγραμμα ακολουθίας για τον τερματισμό εκκίνησης του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.69: Το διάγραμμα ακολουθίας για την απενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

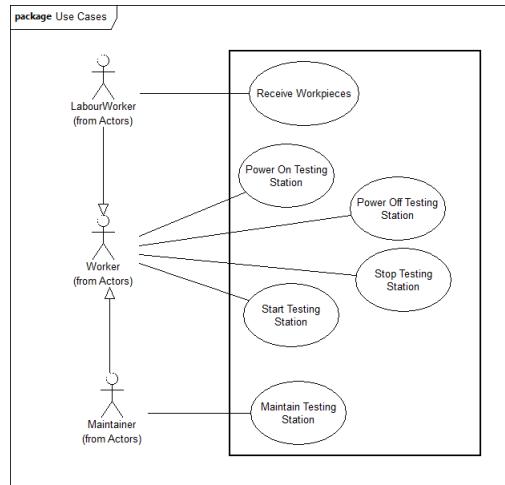


Σχήμα Α'.70: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

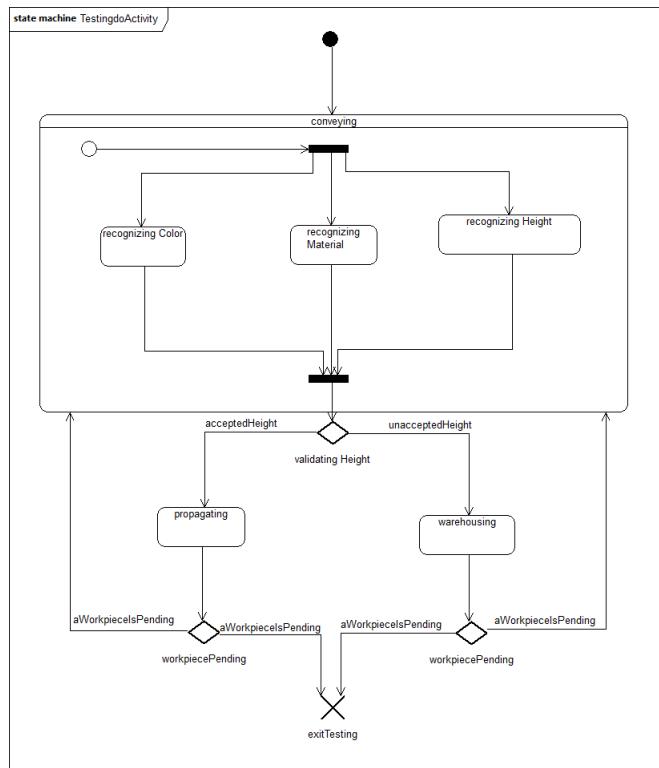


Σχήμα Α'.71: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

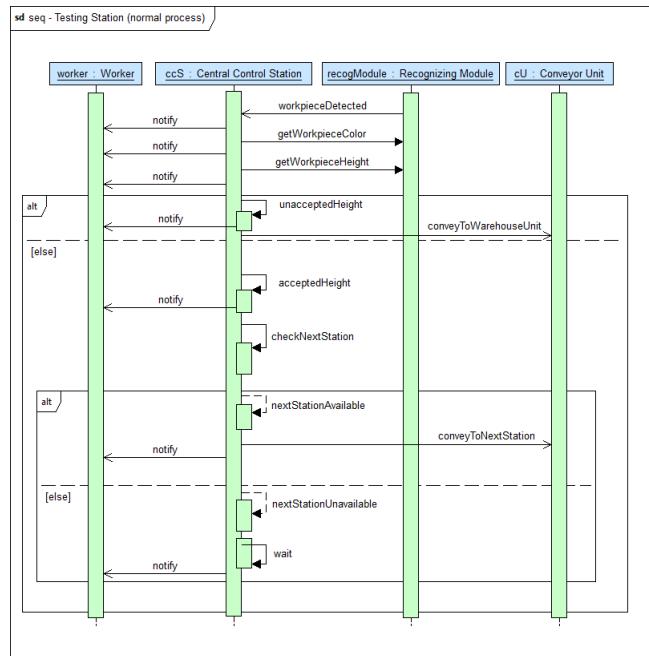
Kεφάλαιο A'



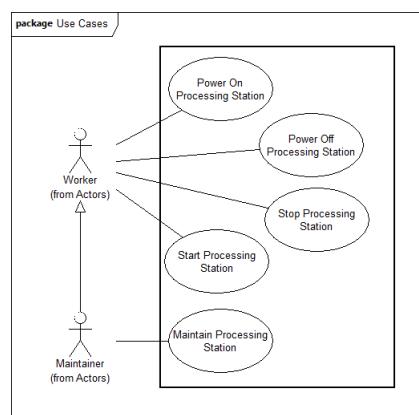
Σχήμα Α'.72: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταδιού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



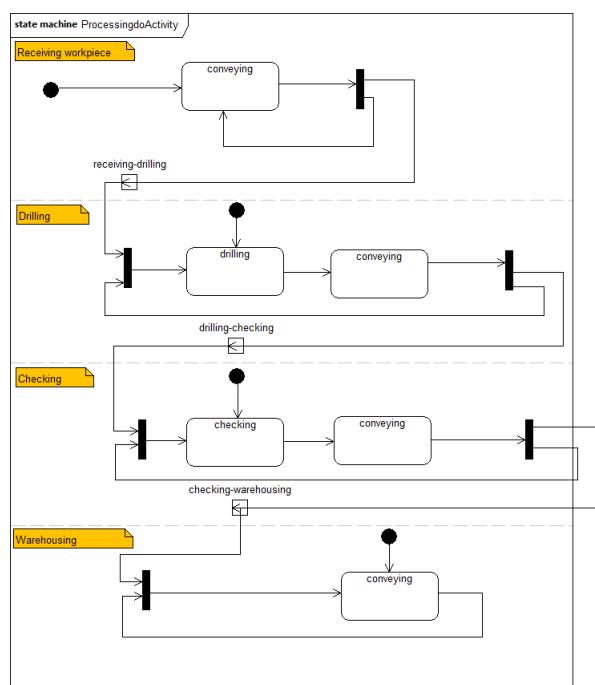
Σχήμα Α'.73: Το διάγραμμα καταστάσεων του σταδιού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



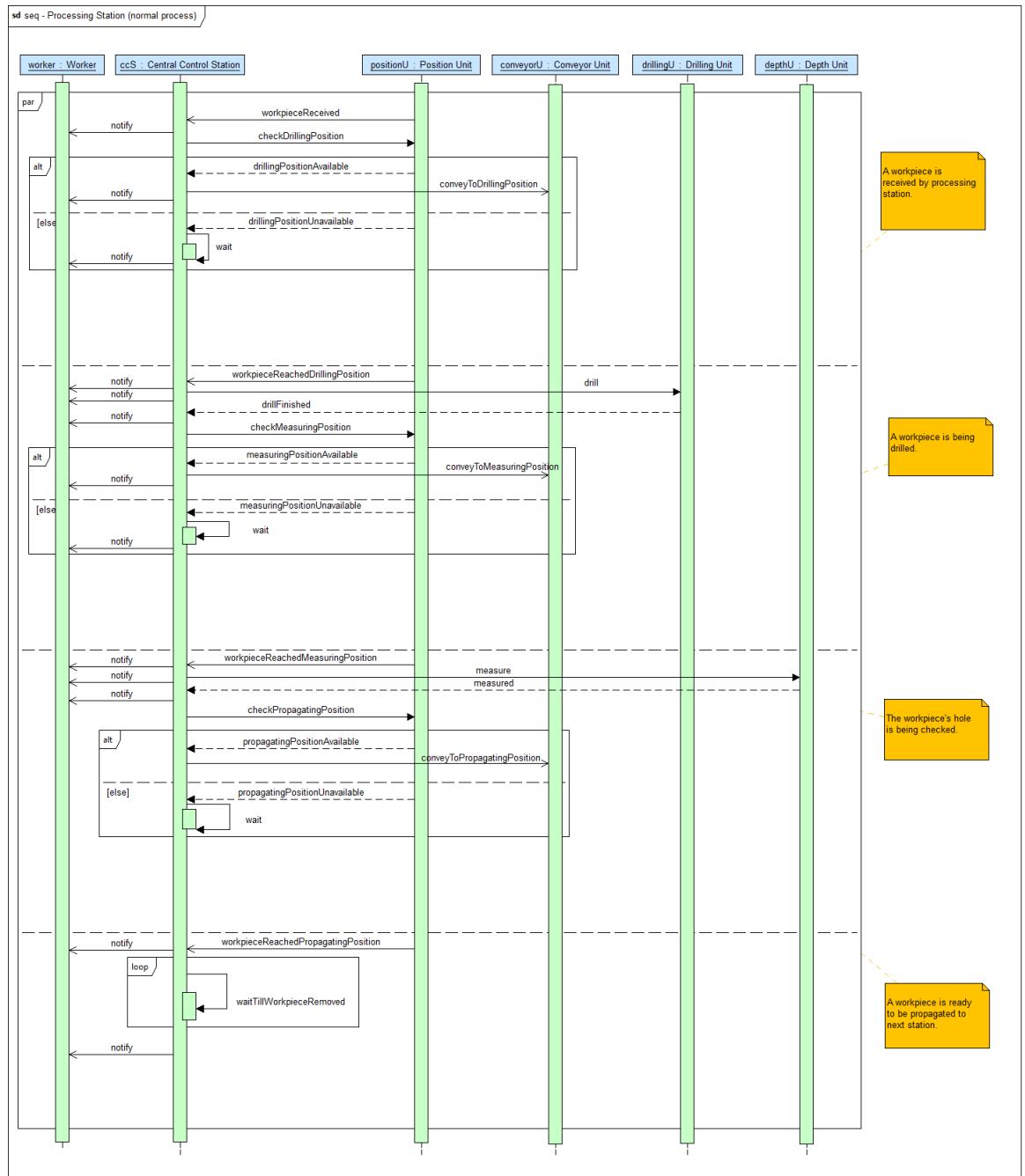
Σχήμα Α'.74: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



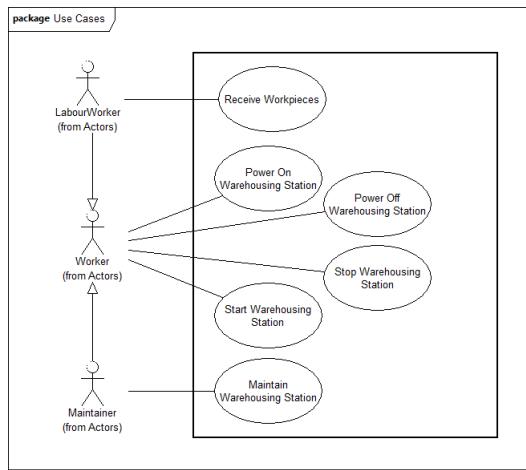
Σχήμα Α'.75: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης



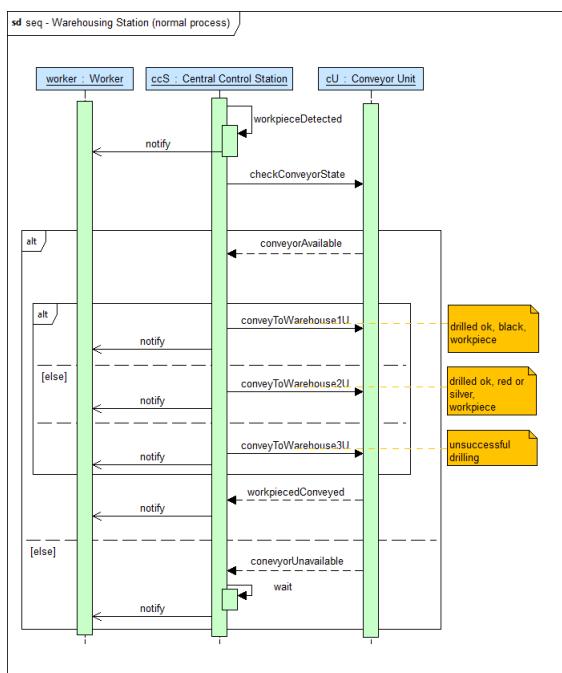
Σχήμα Α'.76: Το διάγραμμα καταστάσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης



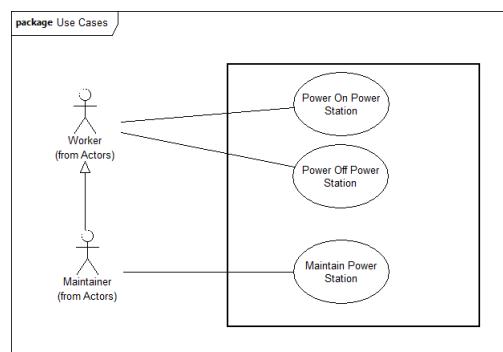
Σχήμα Α'.77: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταδιού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης



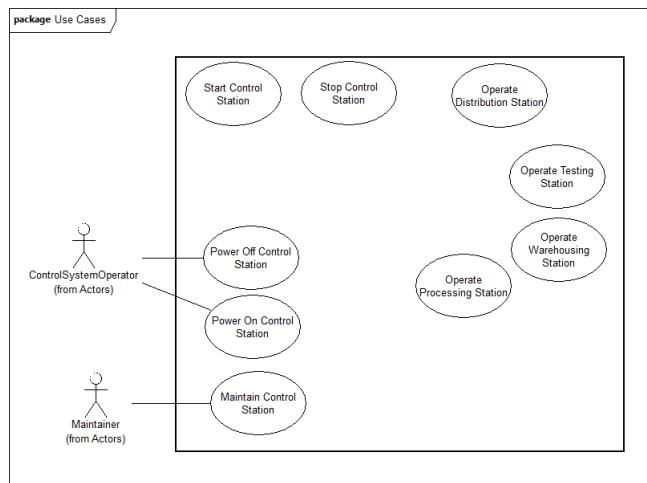
Σχήμα A'.78: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.79: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



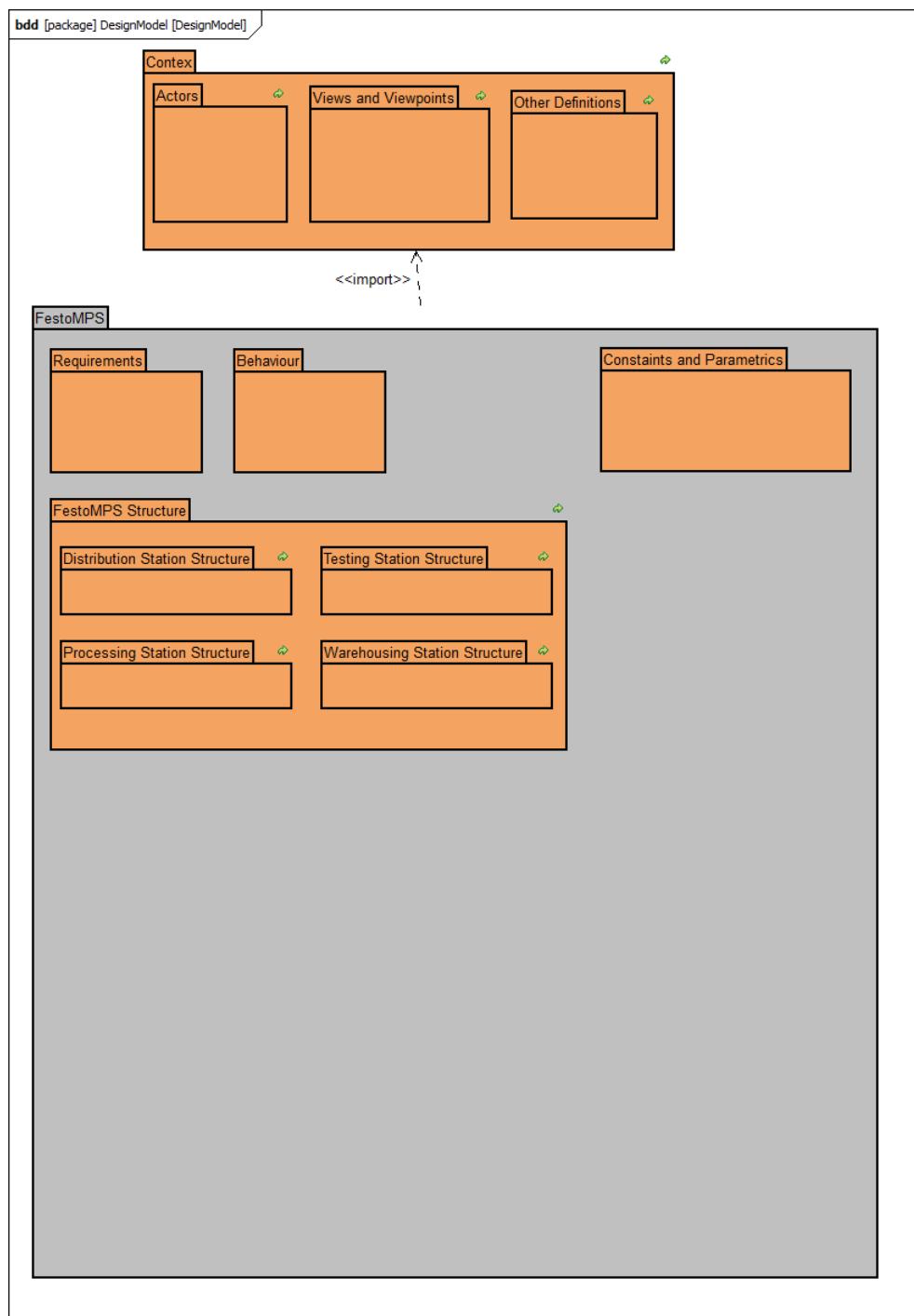
Σχήμα Α'.80: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ενέργειας στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα Α'.81: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

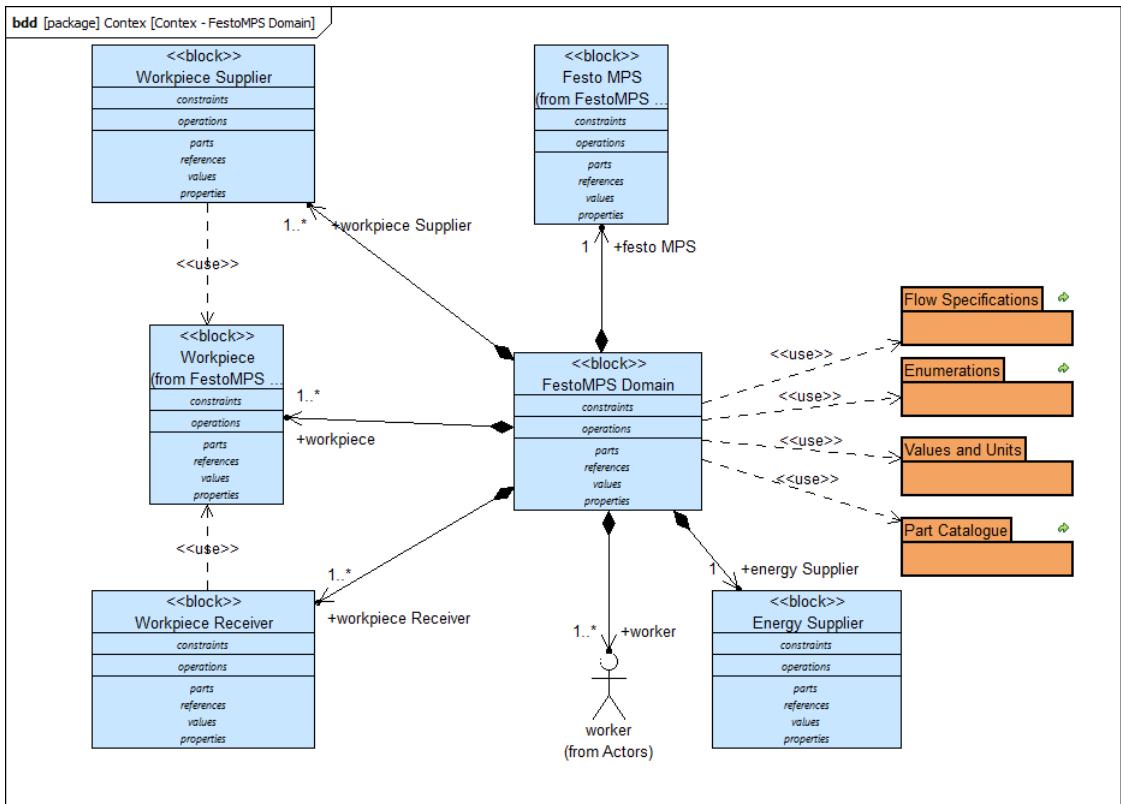
A'.3 Μοντέλο Υλοποίησης -Design Model

A'.3.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Context

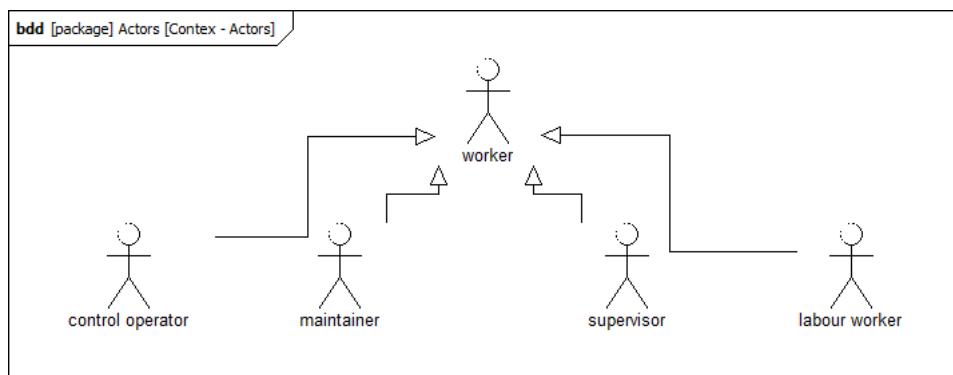


Σχήμα A'.82: Η δομή του μοντέλου Υλοποίησης

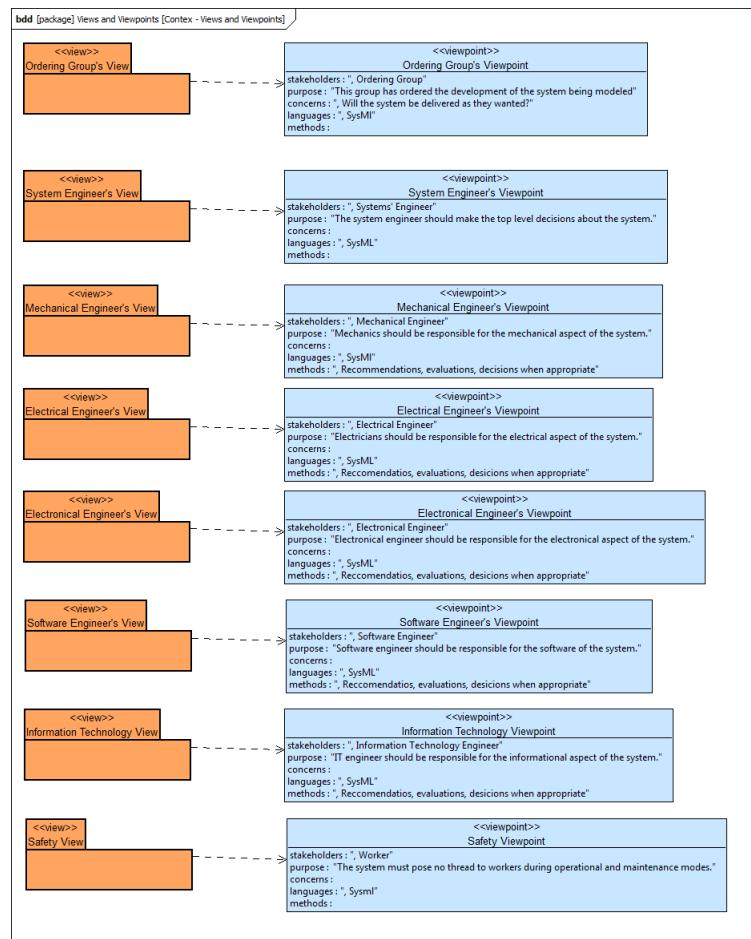
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.83: Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Υλοποίησης

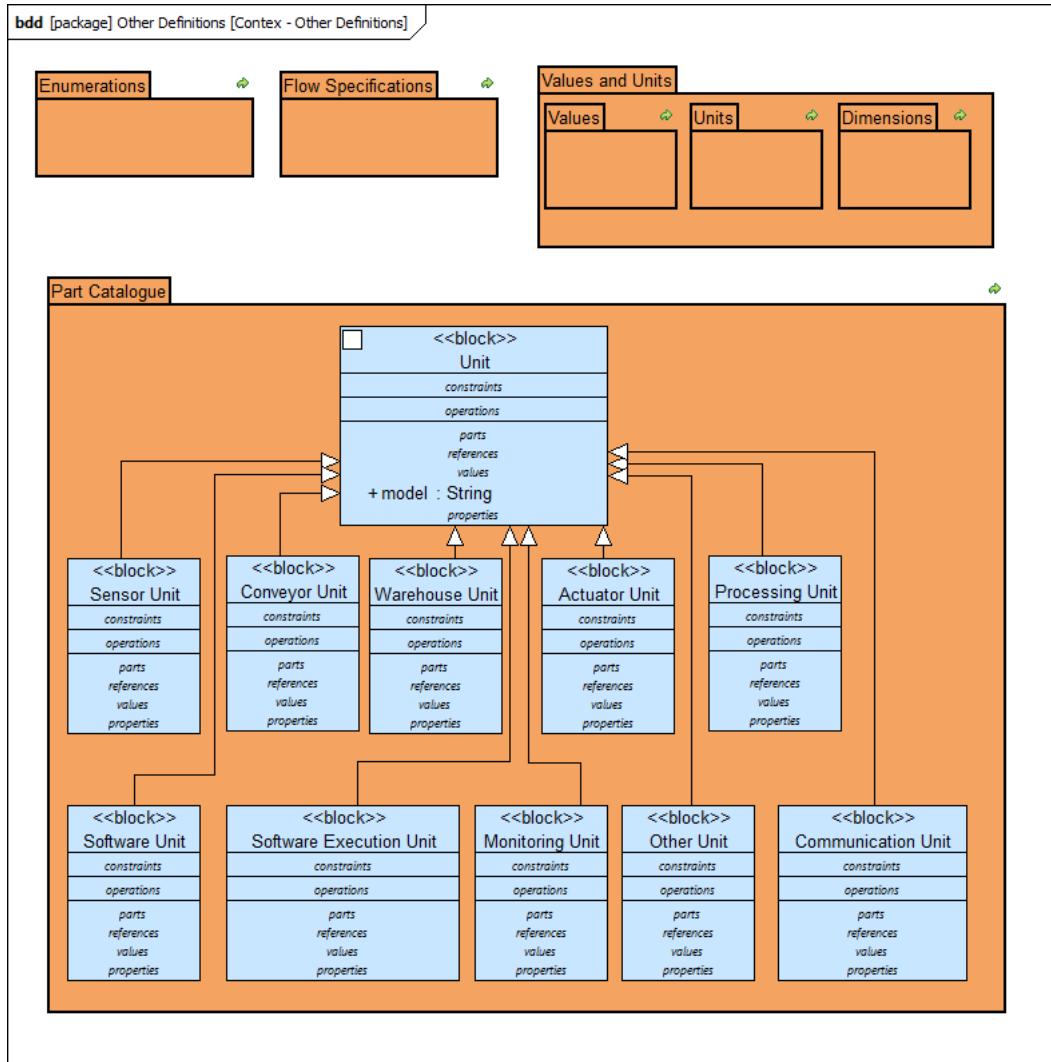


Σχήμα Α'.84: Οι ρόλοι του μοντέλου Υλοποίησης

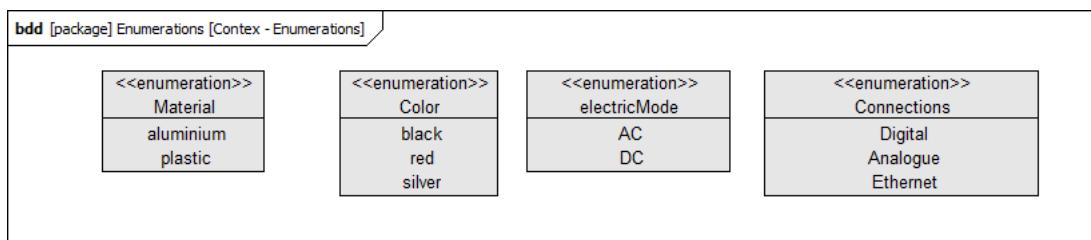


Σχήμα A'.85: Οι όψεις του μοντέλου Υλοποίησης

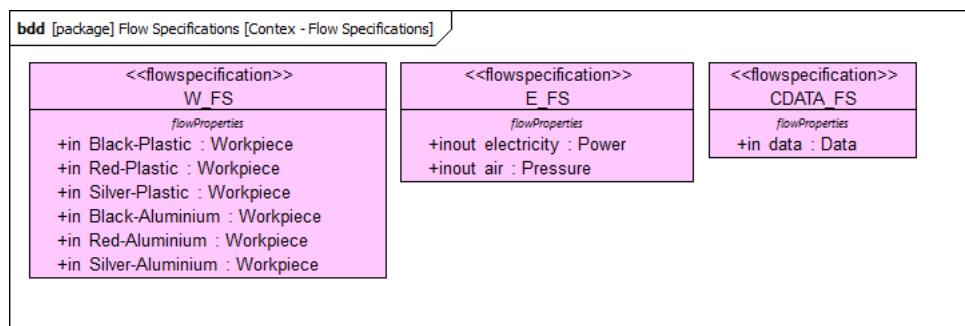
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.86: Τα λοιπά στοιχεία του μοντέλου Υλοποίησης

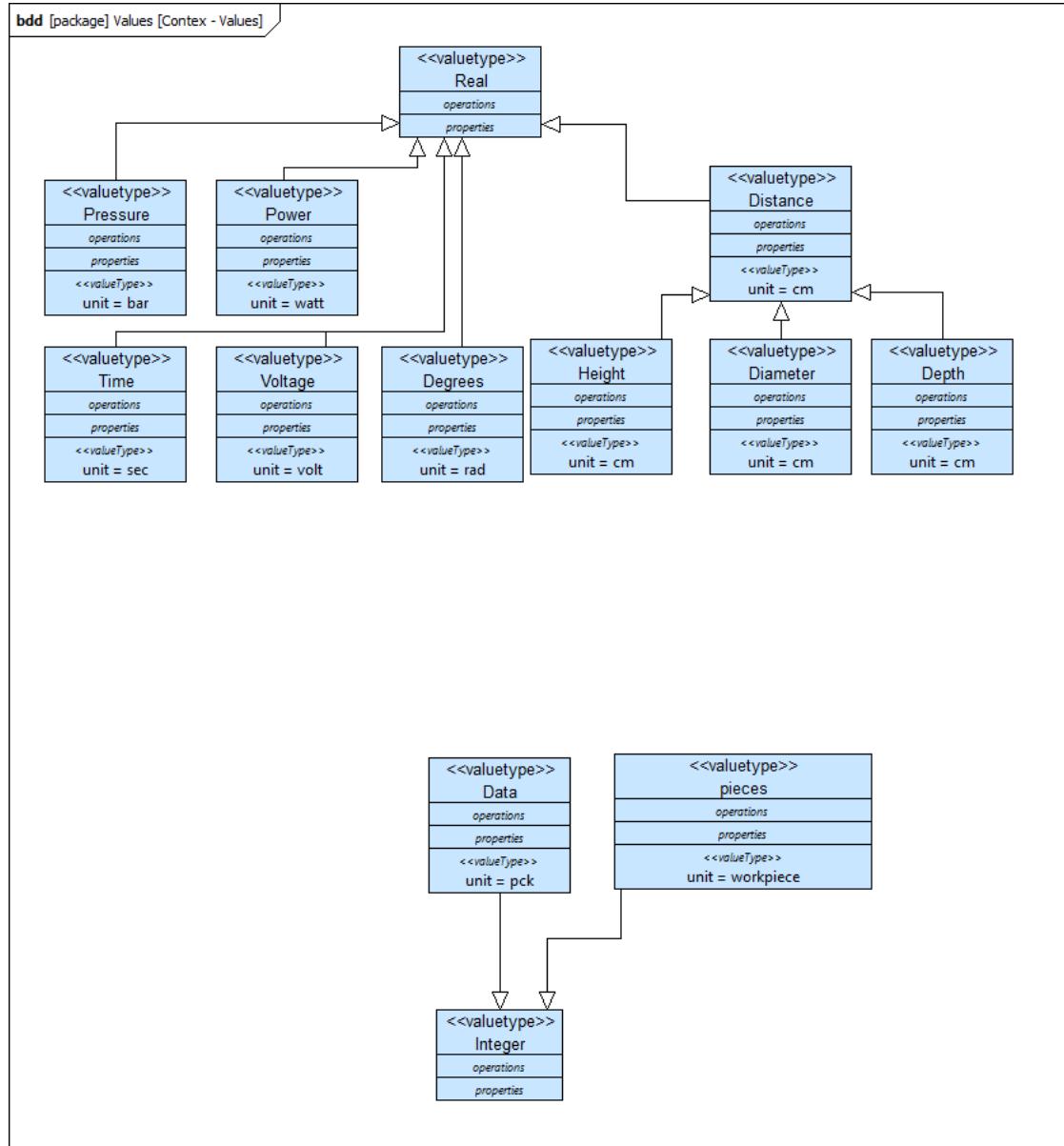


Σχήμα Α'.87: Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Υλοποίησης

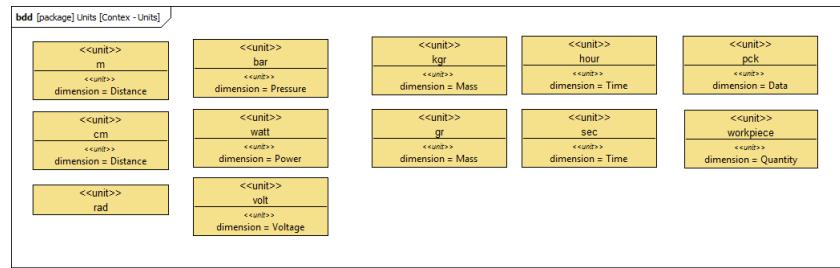


Σχήμα A.88: Η τεκμηρίωση των ροών του μοντέλου Υλοποίησης

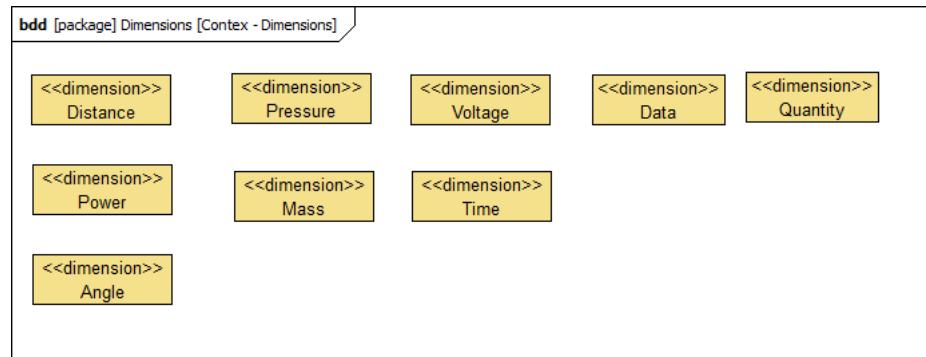
Κεφάλαιο Α'



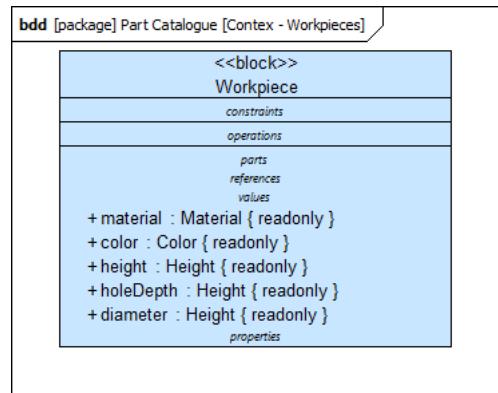
Σχήμα Α'.89: Οι κατηγορίες των υπό μέτρηση μεγεθών του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.90: Οι μονάδες μέτρησης του μοντέλου Υλοποίησης

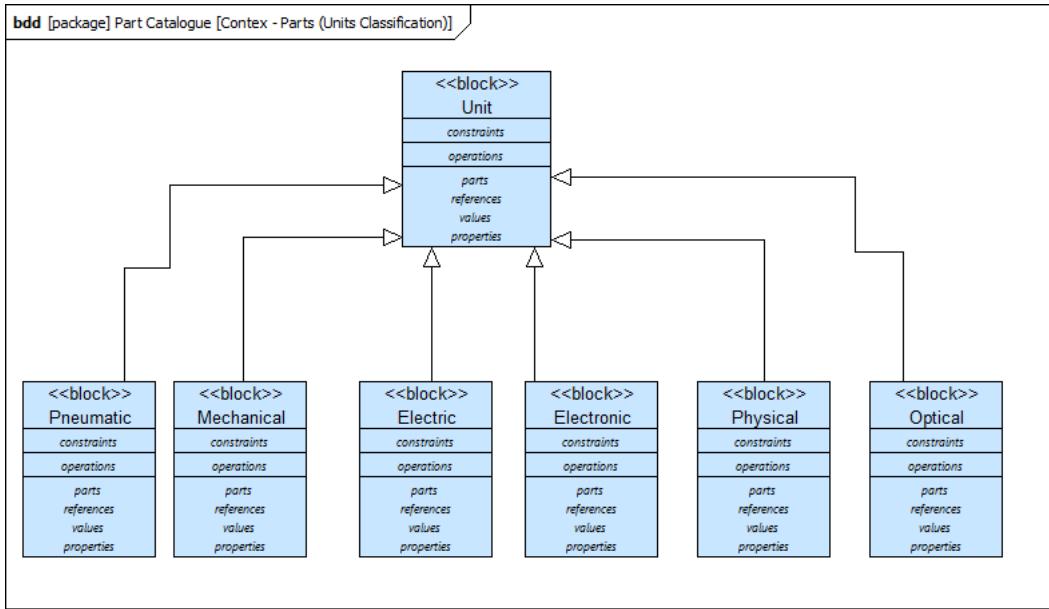


Σχήμα Α'.91: Τα υπό μέτρηση μεγέθη του μοντέλου Υλοποίησης

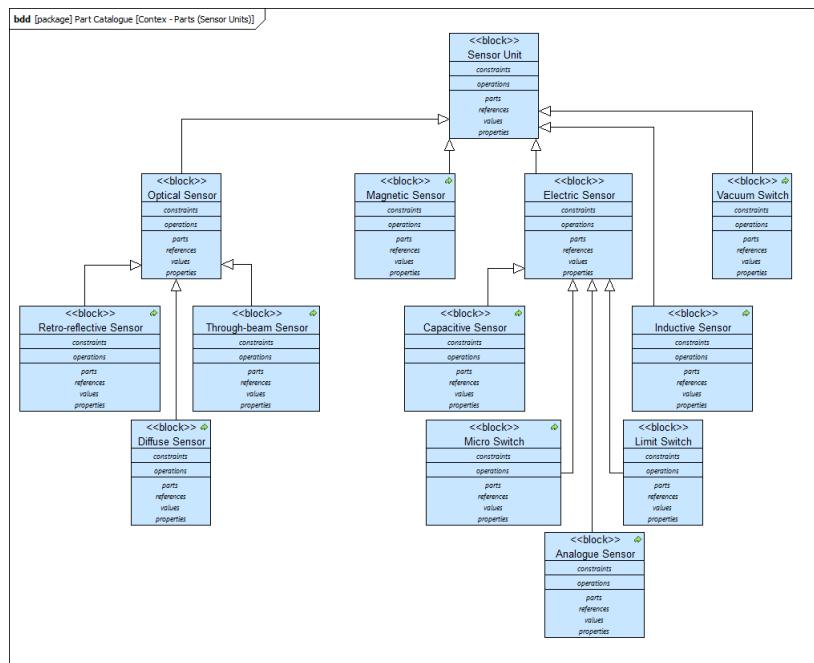


Σχήμα Α'.92: Το bdd των πρώτων υλών στο μοντέλο Υλοποίησης

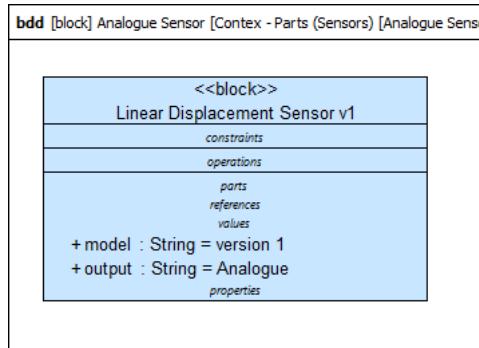
Κεφάλαιο Α'



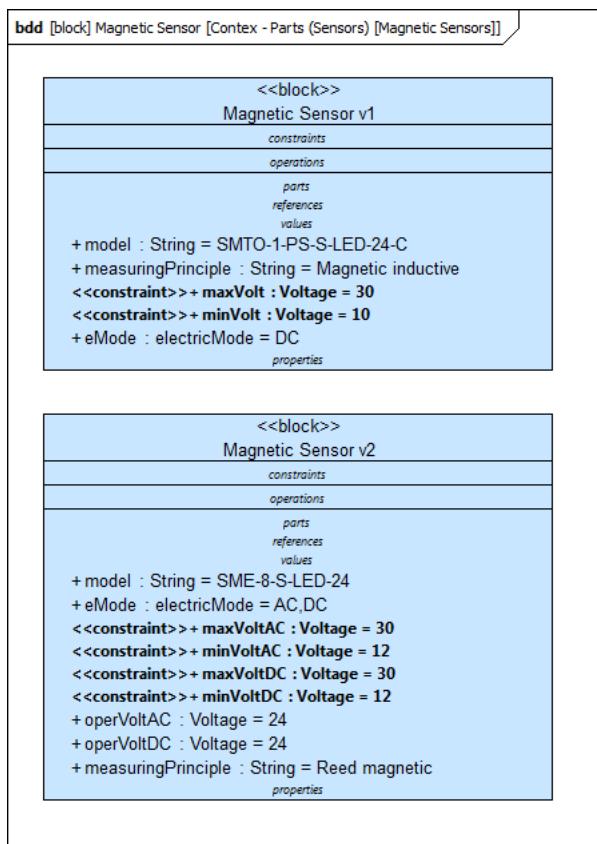
Σχήμα Α'.93: Η κατάταξη των συκευών στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.94: Η ιεραρχική διάρθρωση των αισθητήρων στο μοντέλο Υλοποίησης

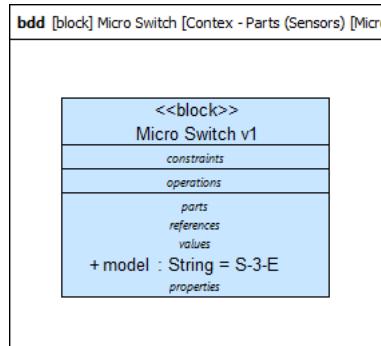


Σχήμα A'.95: Οι αναλογικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης

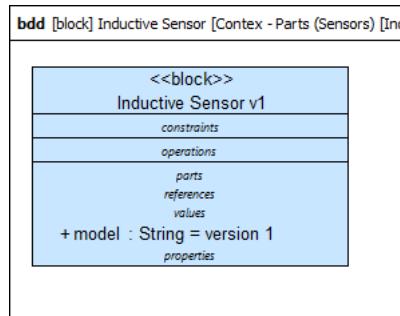


Σχήμα A'.96: Οι μαγνητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης

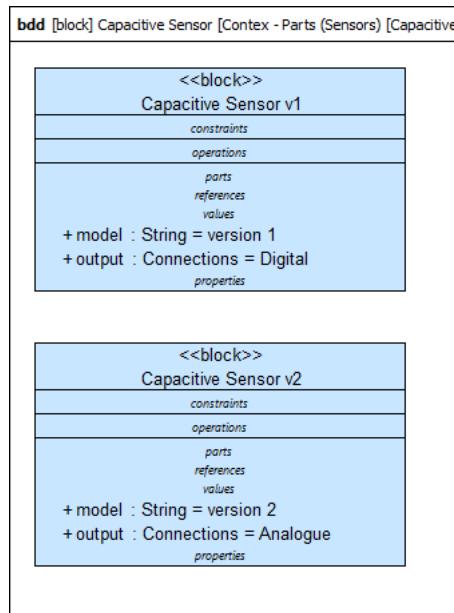
Κεφάλαιο A'



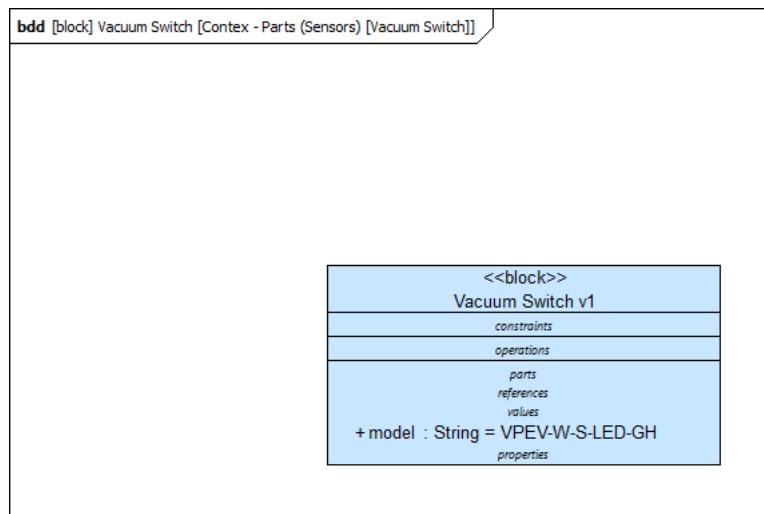
Σχήμα Α'.97: Οι τερματικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης



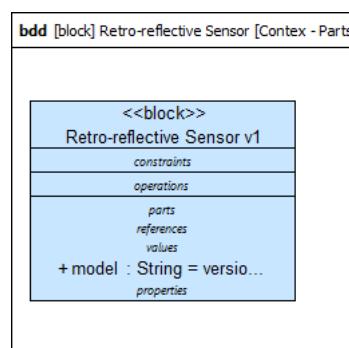
Σχήμα Α'.98: Οι επαγωγικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.99: Οι χωρητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης

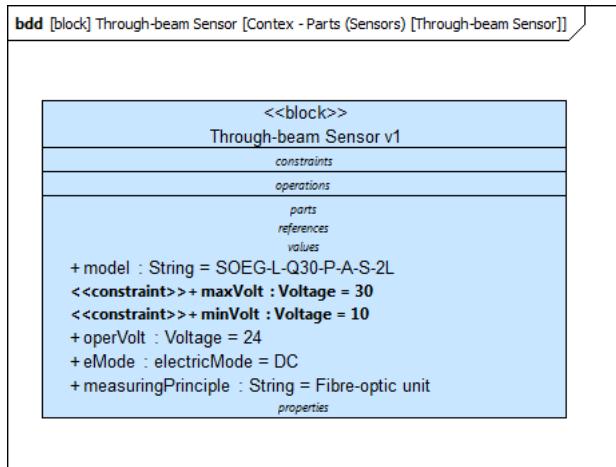


Σχήμα A'.100: Οι αισθητήρες κενού του μοντέλου Υλοποίησης

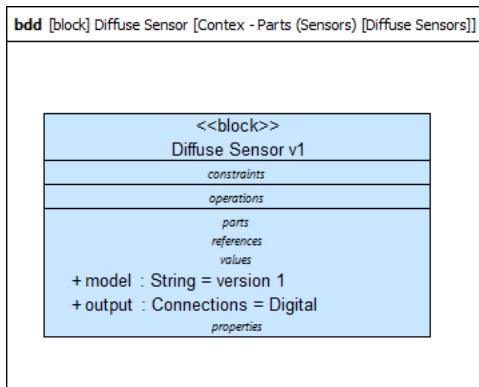


Σχήμα A'.101: Οι αισθητήρες ανάκλασης του μοντέλου Υλοποίησης

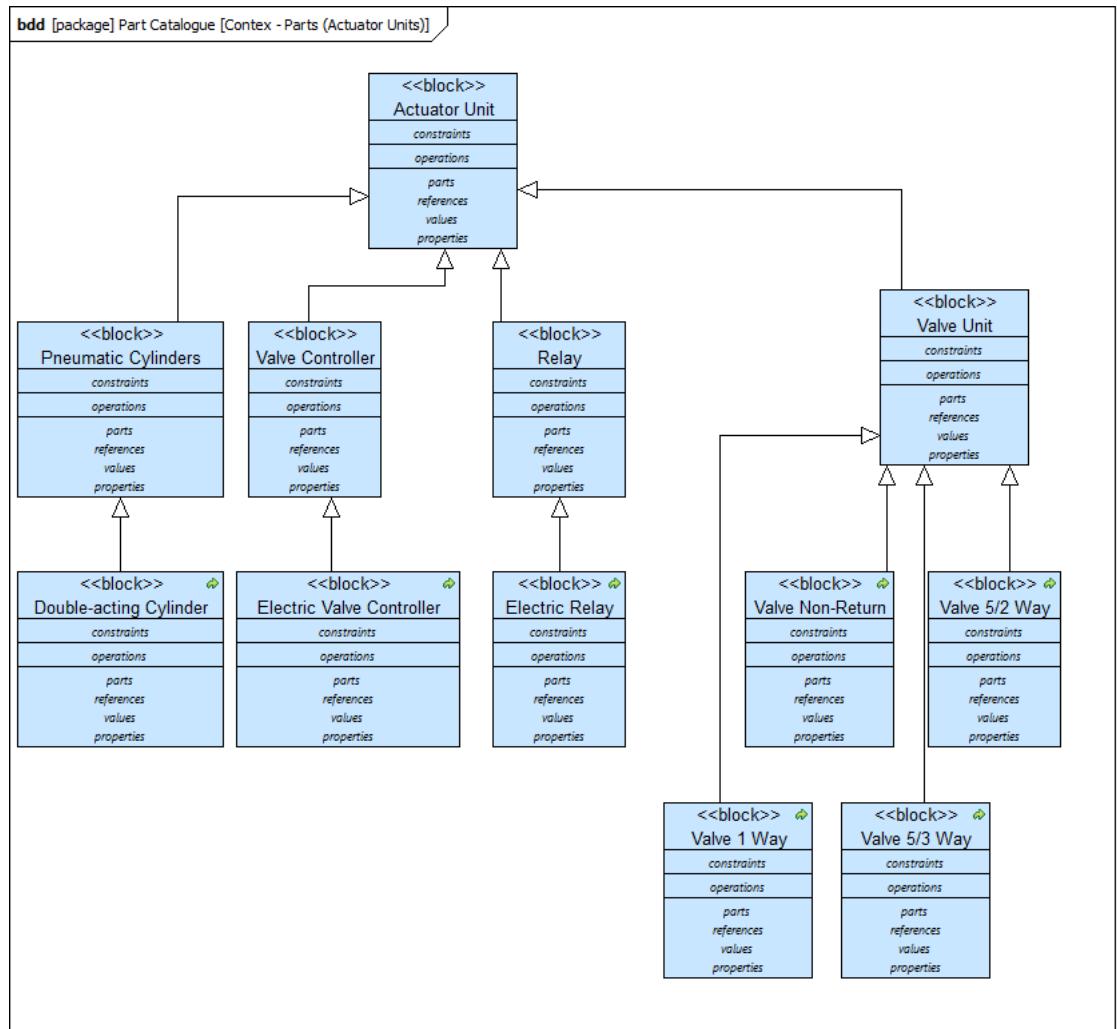
Κεφάλαιο A'



Σχήμα Α'.102: Οι αισθητήρες φωτοκύτταρου του μοντέλου Υλοποίησης

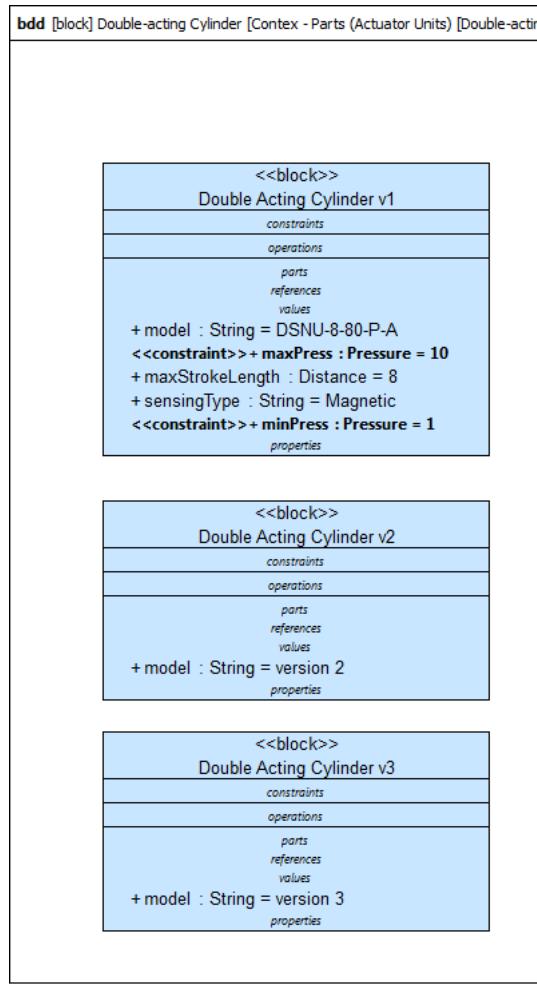


Σχήμα Α'.103: Οι αισθητήρες διάχυσης του μοντέλου Υλοποίησης

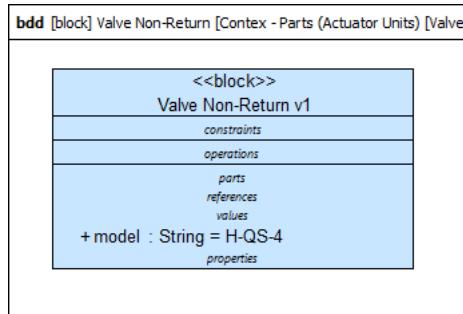


Σχήμα A.104: Η ιεραρχική διάρθρωση των ενεργοποιητών στο μοντέλο Υλοποίησης

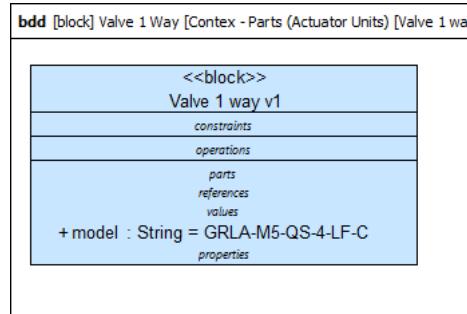
Κεφάλαιο A'



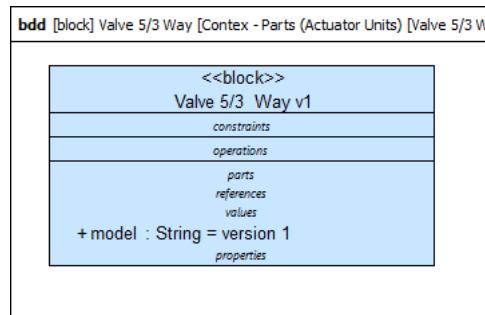
Σχήμα A'.105: Οι πνευματικοί κύλινδροι του μοντέλου Υλοποίησης



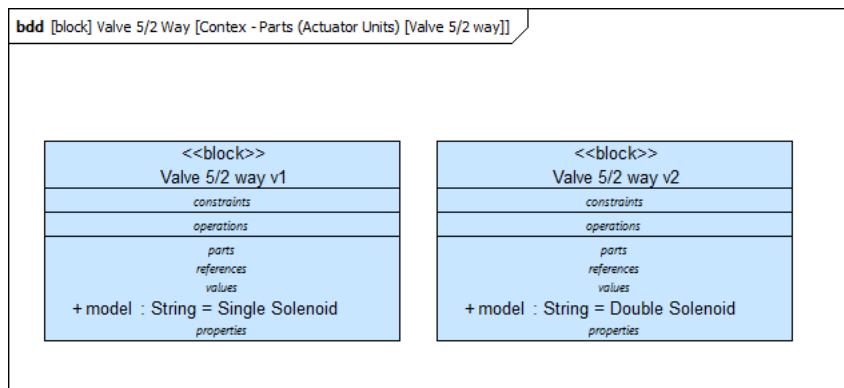
Σχήμα A'.106: Οι βαλβίδες χωρίς επιστροφή του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.107: Οι βαλβίδες μίας κατεύθυνσης του μοντέλου Υλοποίησης

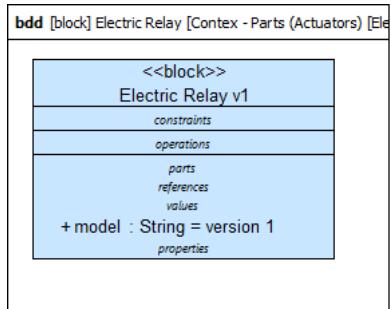


Σχήμα Α'.108: Οι βαλβίδες 5/3 του μοντέλου Υλοποίησης

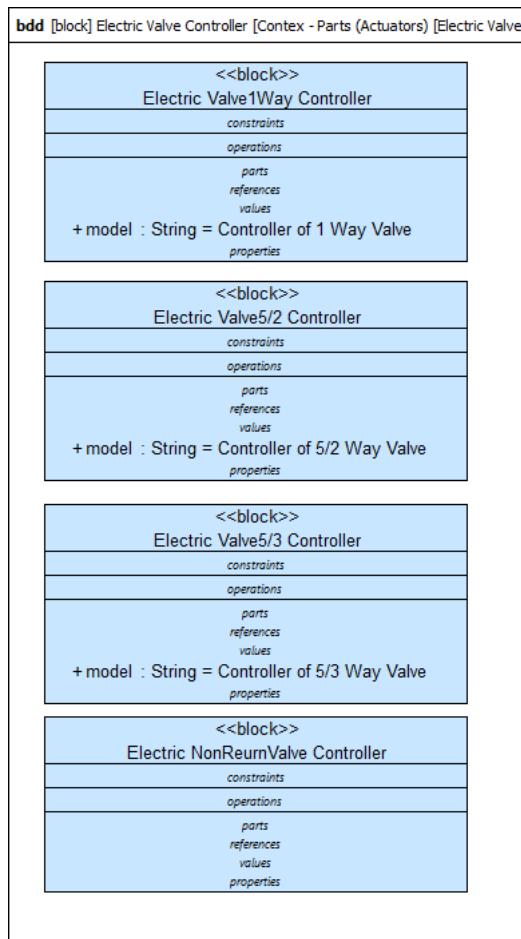


Σχήμα Α'.109: Οι βαλβίδες 5/2 του μοντέλου Υλοποίησης

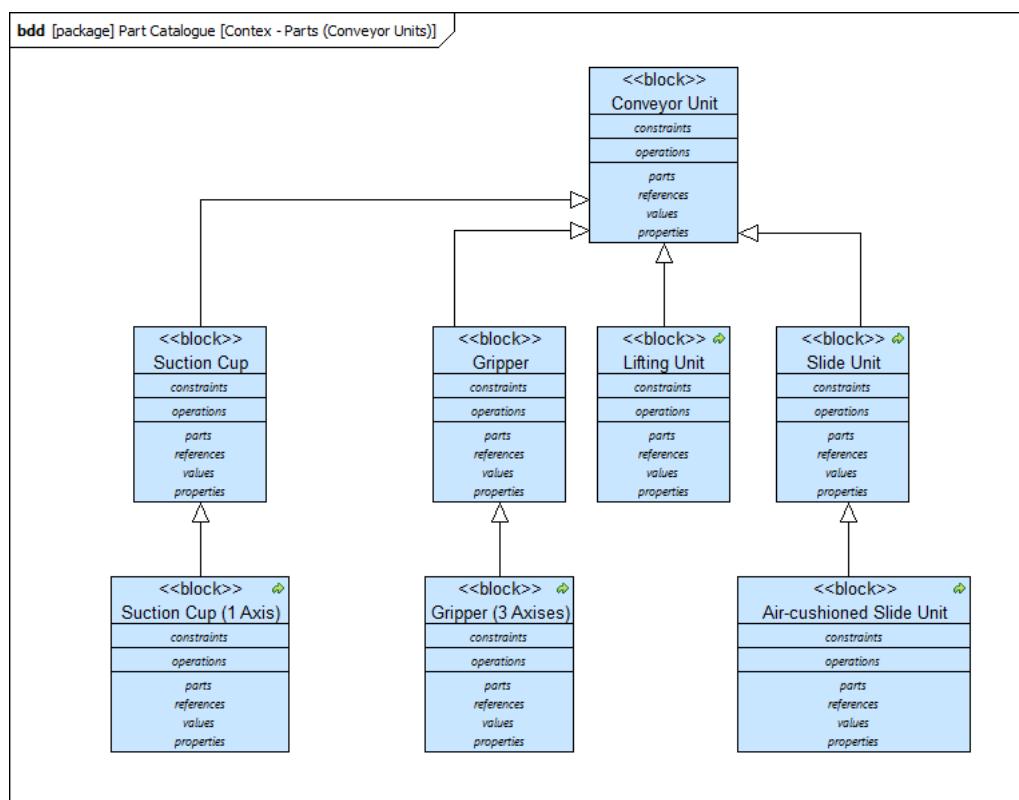
Κεφάλαιο A'



Σχήμα Α'.110: Τα πλεκτρικά ρελέ του μοντέλου Υλοποίησης

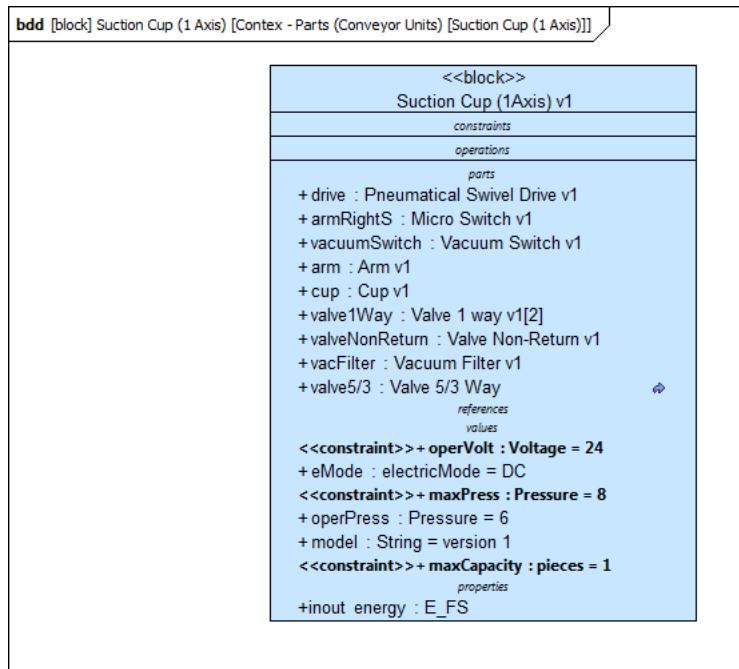


Σχήμα Α'.111: Οι ελεγκτές πλεκτρικών βαλβίδων του μοντέλου Υλοποίησης

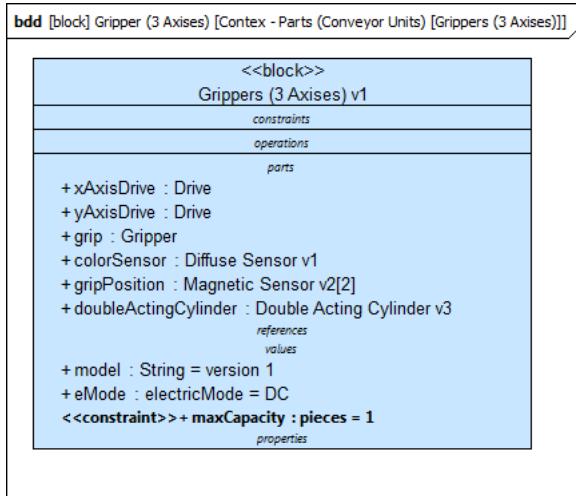


Σχήμα A'112: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων μεταφοράς στο μοντέλο Υλοποίησης

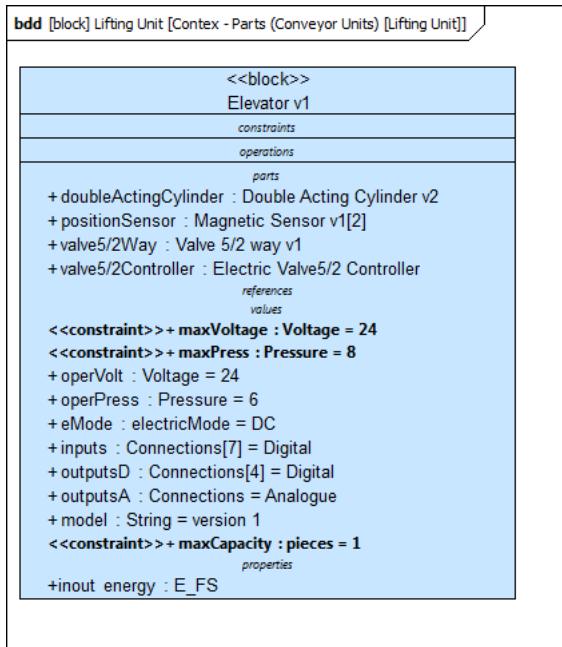
Κεφάλαιο A'



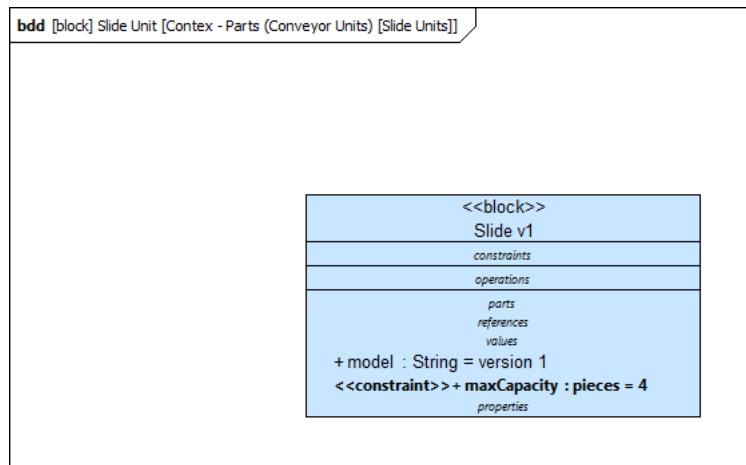
Σχήμα Α'.113: Οι μονάδες μεταφοράς με βεντούζα κενού του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.114: Οι μονάδες μεταφοράς με δαγκάνα του μοντέλου Υλοποίησης

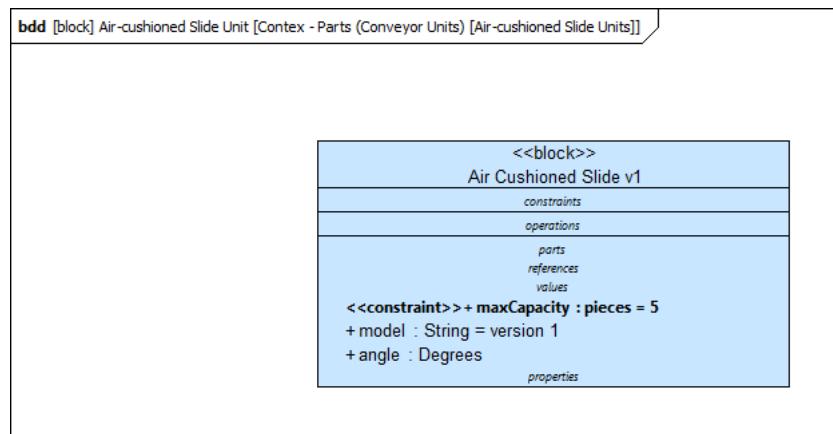


Σχήμα A'.115: Οι μονάδες ανύψωσης του μοντέλου Υλοποίησης

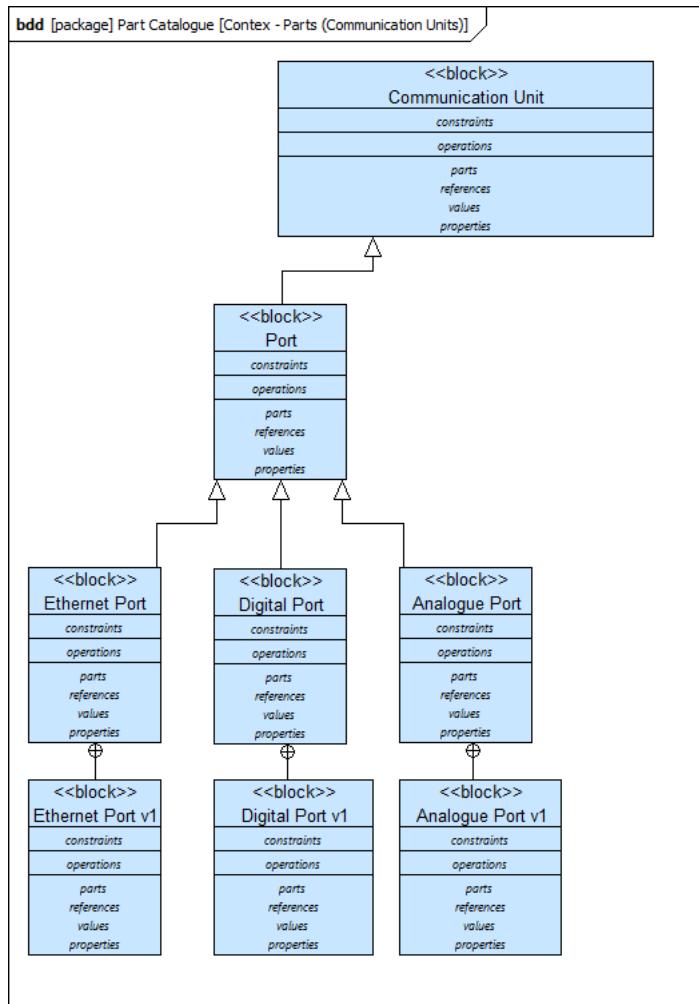


Σχήμα A'.116: Οι πλατφόρμες κύλισης του μοντέλου Υλοποίησης

Κεφάλαιο A'

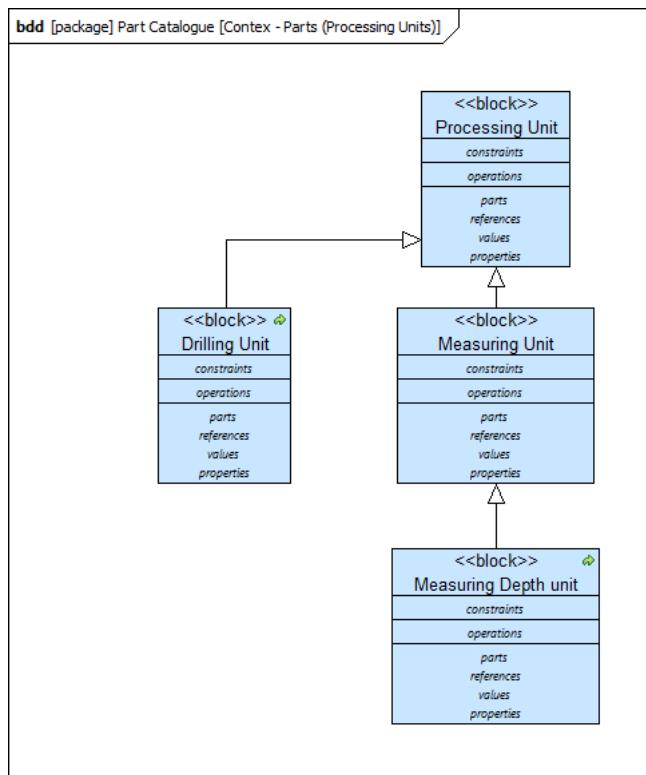


Σχήμα A'.117: Οι πλατφόρμες κύλισης με εξομάλυνση αέρα του μοντέλου Υλοποίησης

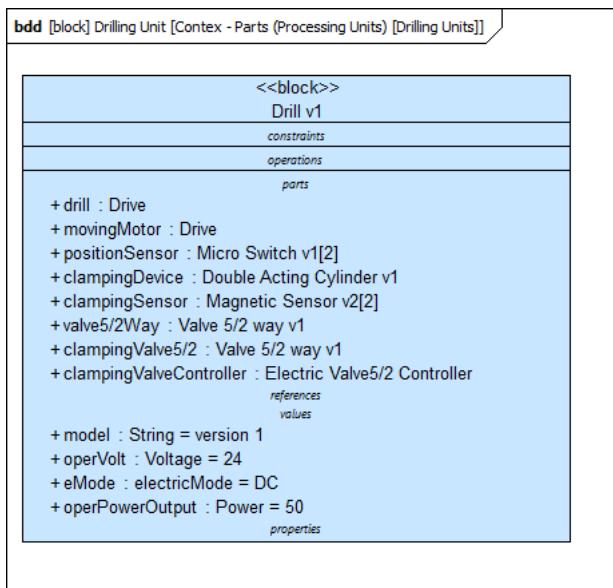


Σχήμα A'.118: Οι συσκευές επικοινωνίας στο μοντέλο Υλοποίησης

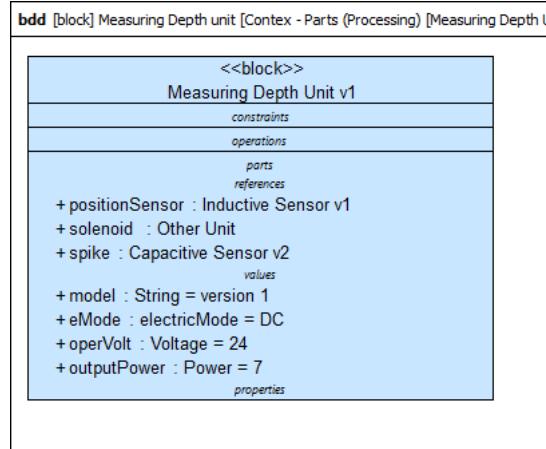
Κεφάλαιο Α'



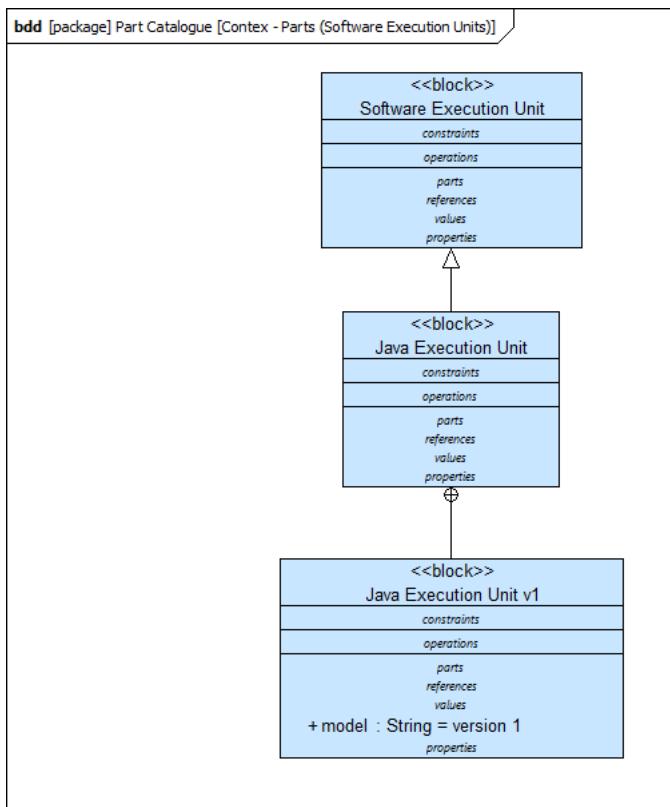
Σχήμα Α'.119: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων λειτουργίας στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.120: Οι μονάδες διάτροπσης του μοντέλου Υλοποίησης

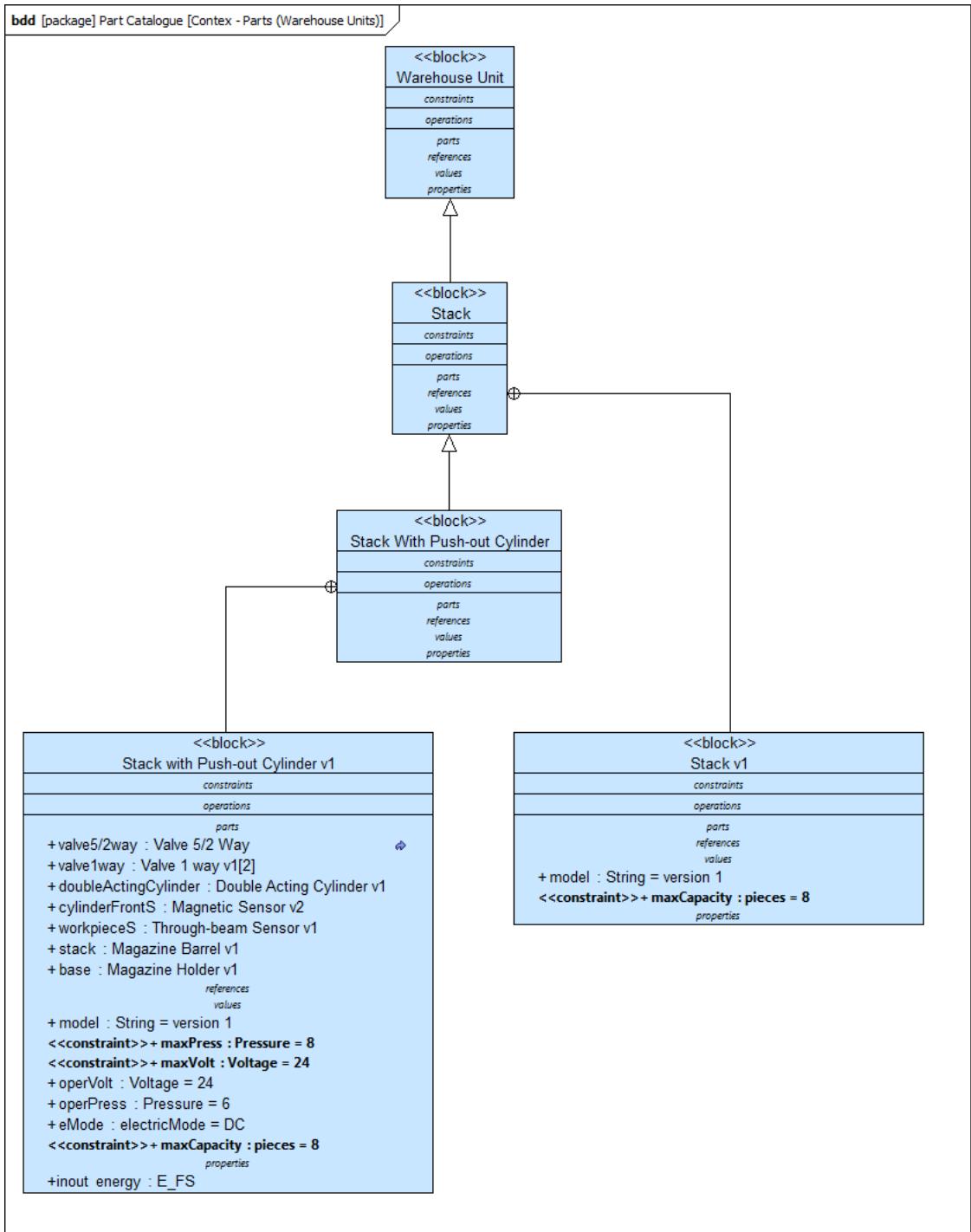


Σχήμα Α'.121: Οι μονάδες μέτρησης βάθους του μοντέλου Υλοποίησης

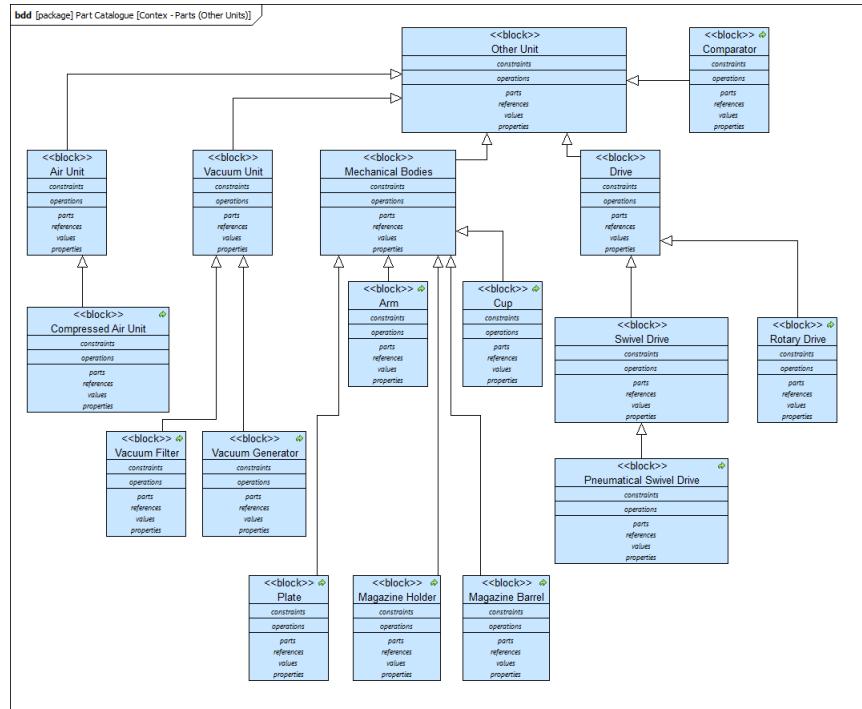


Σχήμα Α'.122: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων λογισμικού στο μοντέλο Υλοποίησης

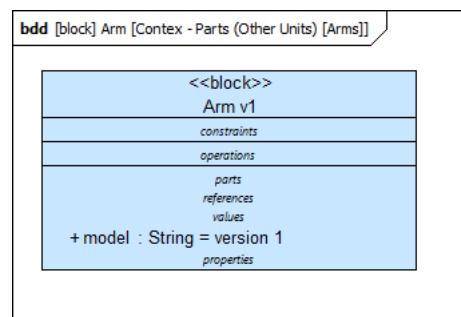
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.123: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης

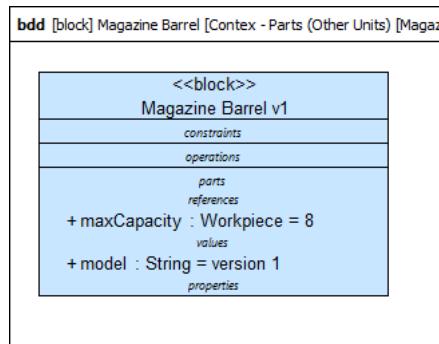


Σχήμα Α'.124: Η ιεραρχική διάρθρωση των λοιπών μονάδων στο μοντέλο Υλοποίησης

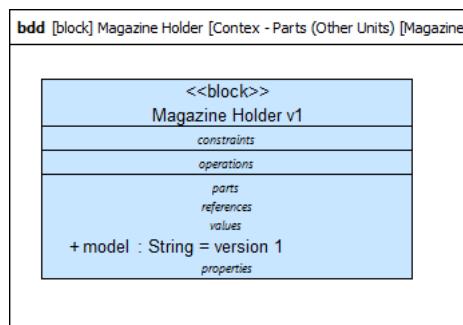


Σχήμα Α'.125: Οι βραχίονες στο μοντέλο Υλοποίησης

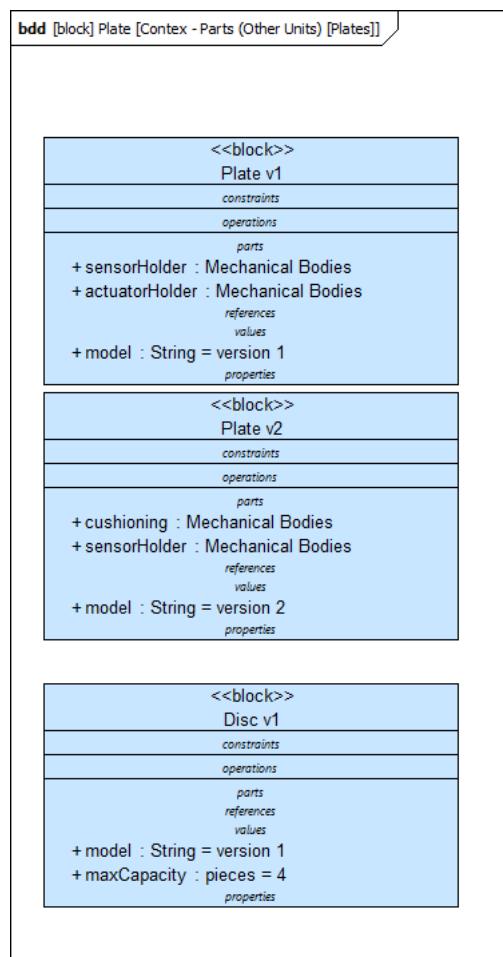
Κεφάλαιο A'



Σχήμα A'.126: Οι στοίβες στο μοντέλο Υλοποίησης

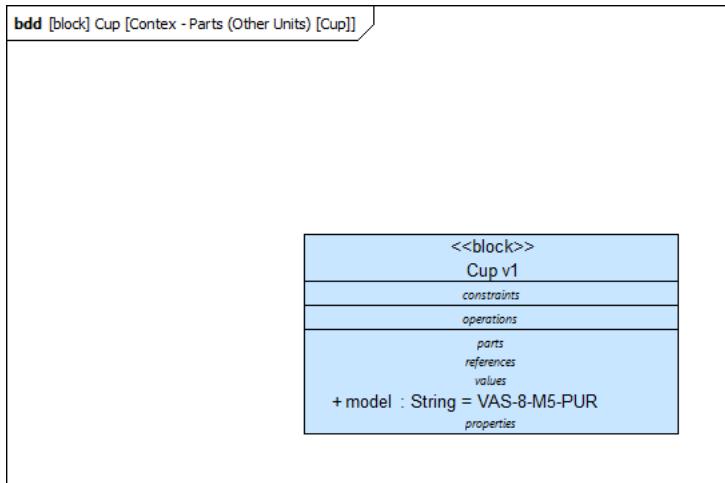


Σχήμα A'.127: Οι βάσεις στοιβών στο μοντέλο Υλοποίησης

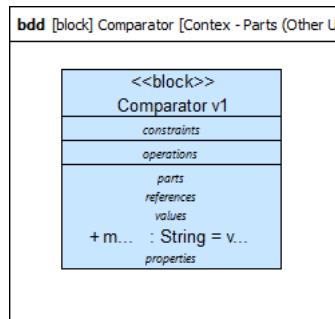


Σχήμα Α'.128: Βάσεις στο μοντέλο Υλοποίησης

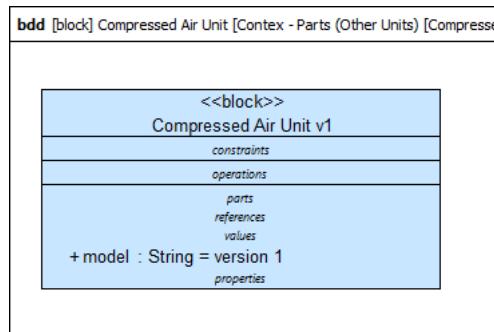
Κεφάλαιο A'



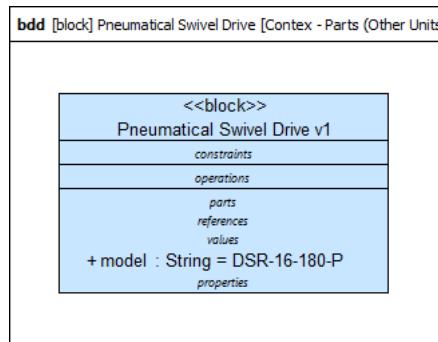
Σχήμα A'.129: Οι βεντούζες στο μοντέλο Υλοποίησης



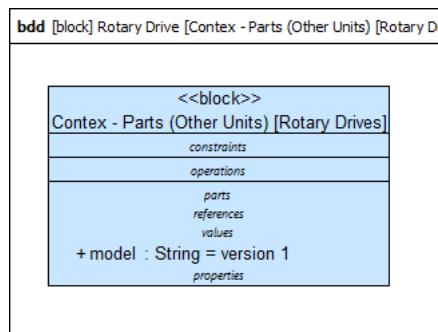
Σχήμα A'.130: Οι συγκριτές στο μοντέλο Υλοποίησης



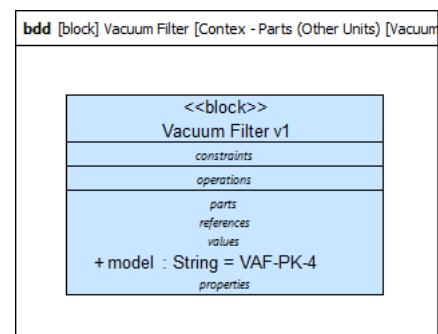
Σχήμα A'.131: Οι μονάδες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης



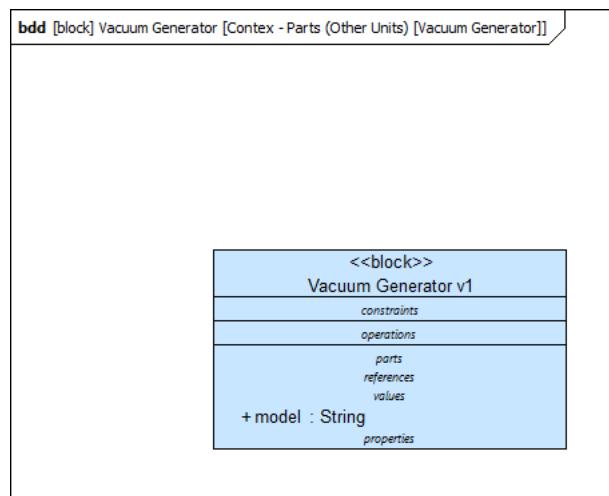
Σχήμα Α'.132: Οι κινητήρες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.133: Οι ηλεκτρικοί κινητήρες στο μοντέλο Υλοποίησης



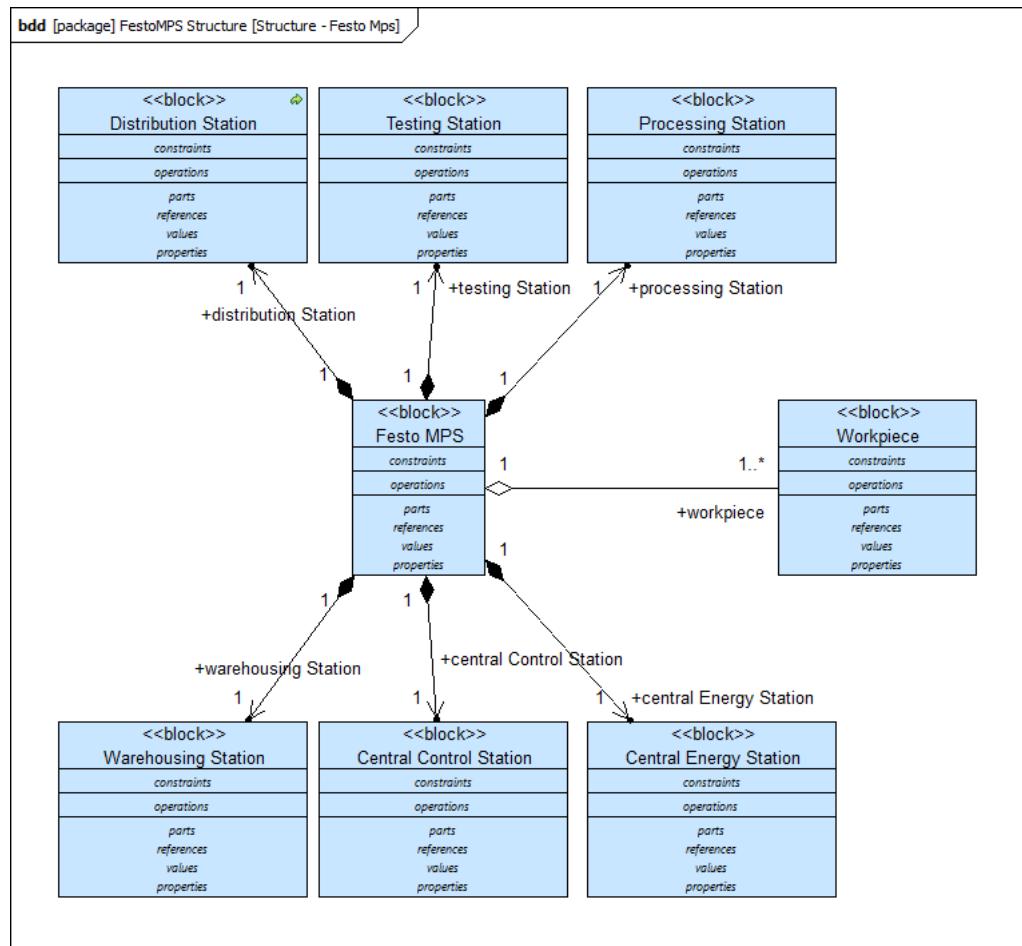
Σχήμα Α'.134: Τα φίλτρα αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης



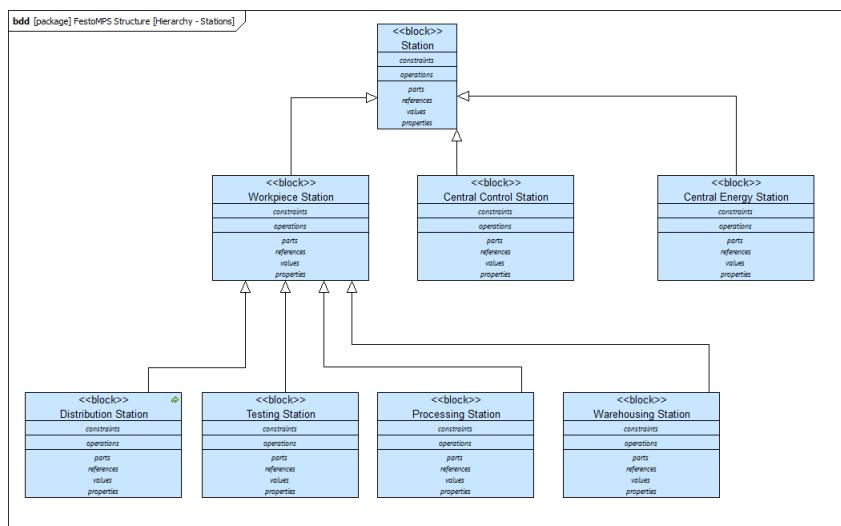
Σχήμα A'.135: Οι γεννήτριες κενού στο μοντέλο Υλοποίησης

A'.3.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package

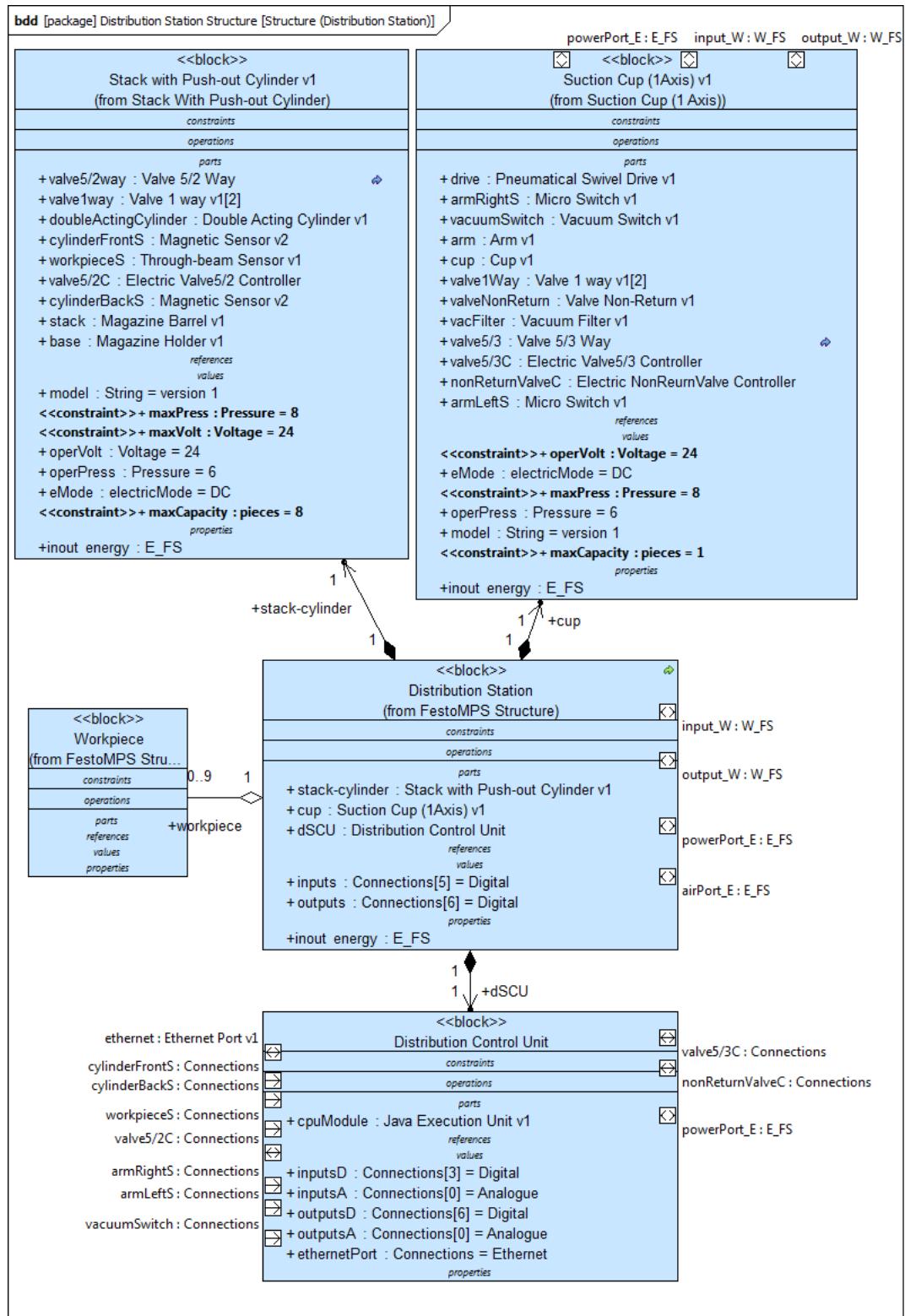
A'.3.3 Πακέτο δομής - Structure package



Σχήμα A'.136: Η δομή του Festo MPS στο μοντέλο Υλοποίησης

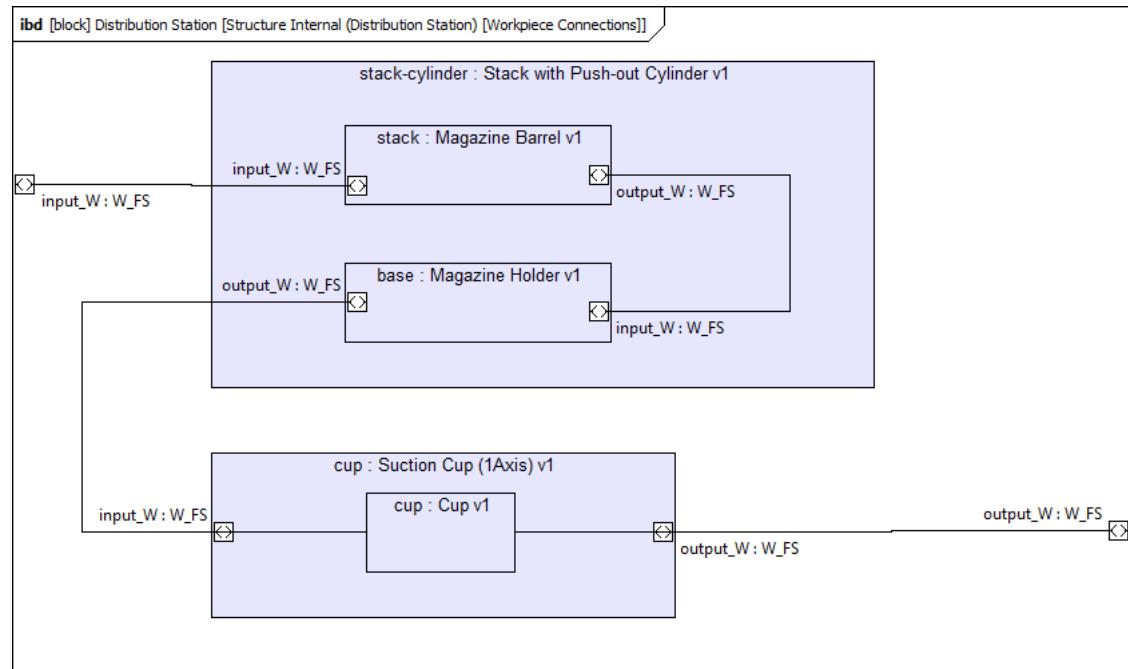


Σχήμα Α'.137: Η ιεραρχική διάρθρωση των σταθμών στο μοντέλο Υλοποίησης

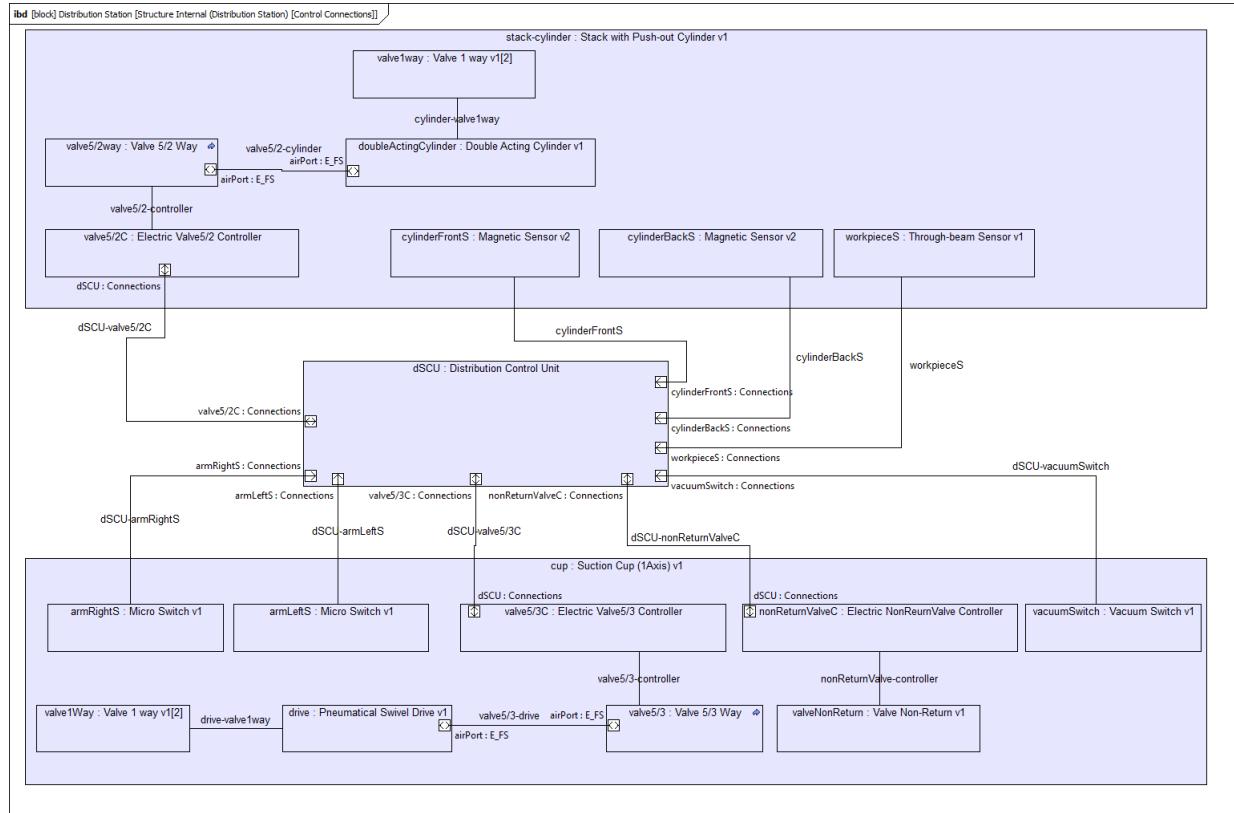


Σχήμα A'138: Η δομή του σταθμού διανομής στο μοντέλο Υλοποίησης
162

Κεφάλαιο A'



Σχήμα A'.139: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τις πρώτες ύλες στο μοντέλο Υλοποίησης

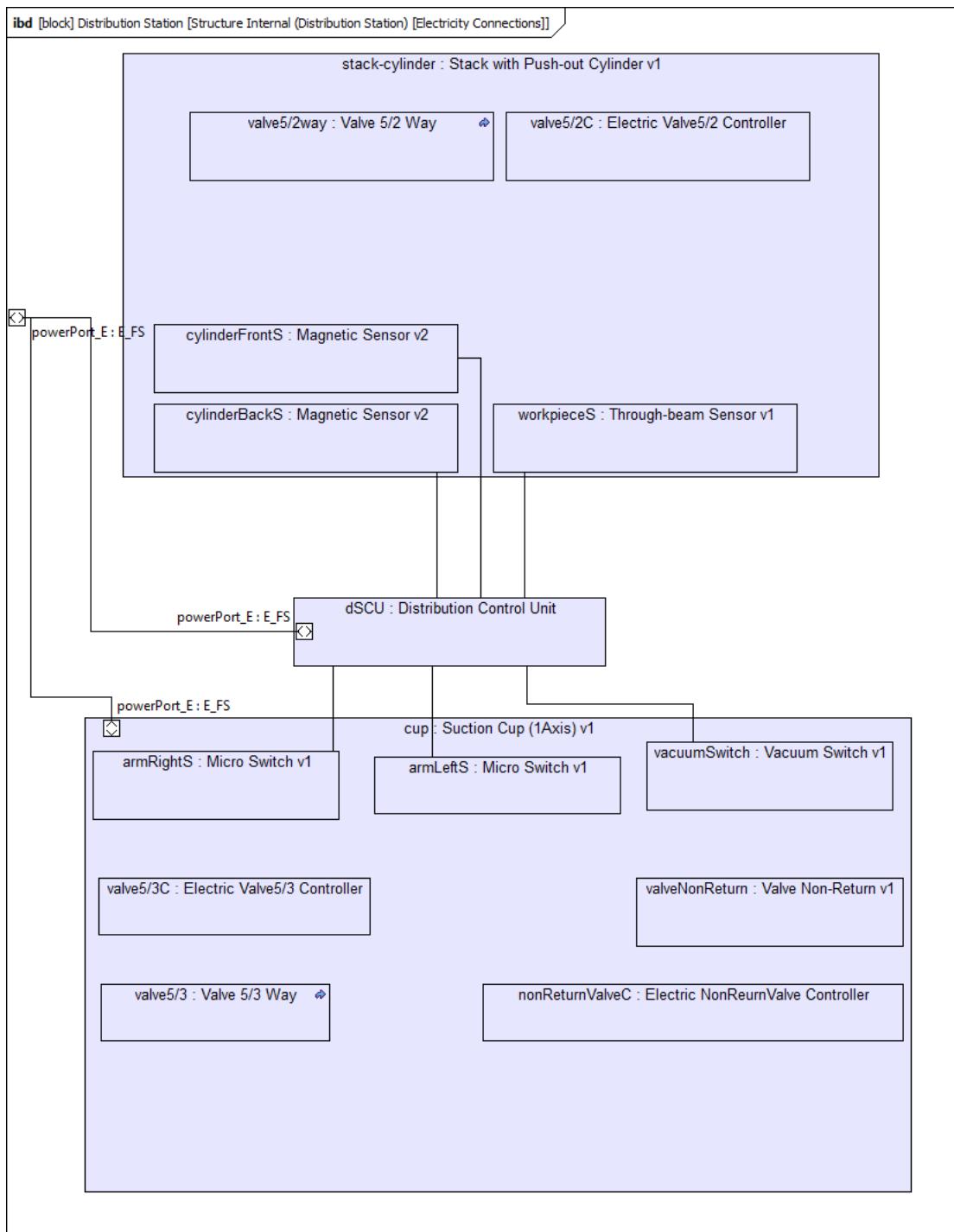


Σχήμα Α'.140: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τον έλεγχο στο μοντέλο Υλοποίησης

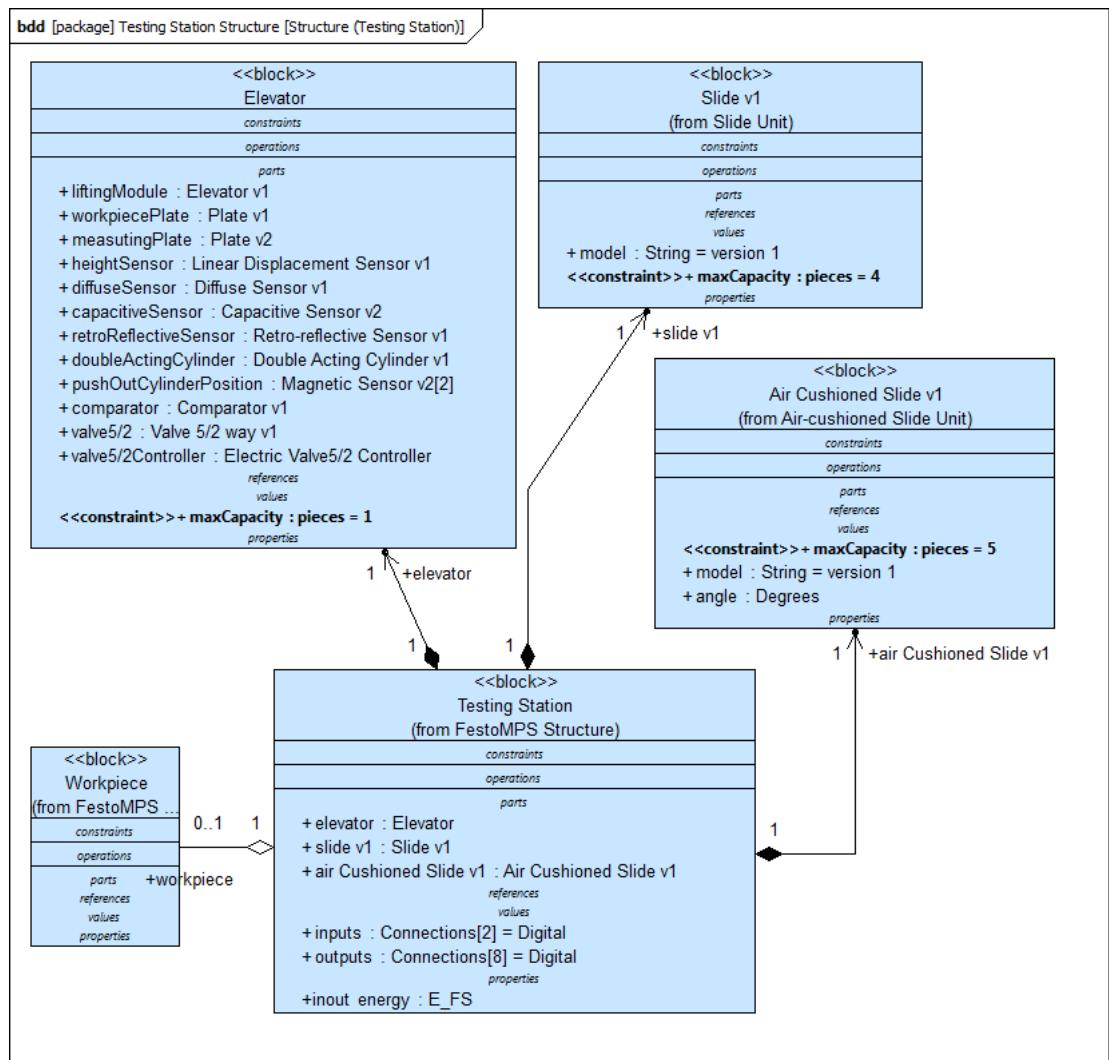


Σχήμα Α'.141: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης

Κεφάλαιο Α'

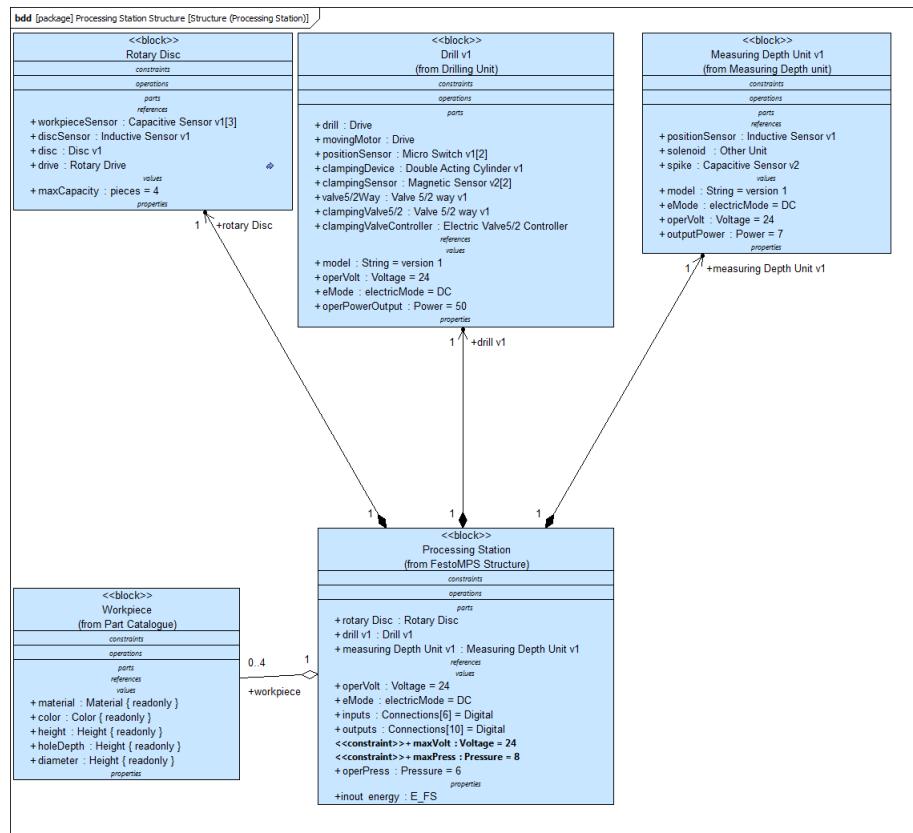


Σχήμα Α'.142: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή πλεκτρικής ενέργειας στο μοντέλο Υλοποίησης

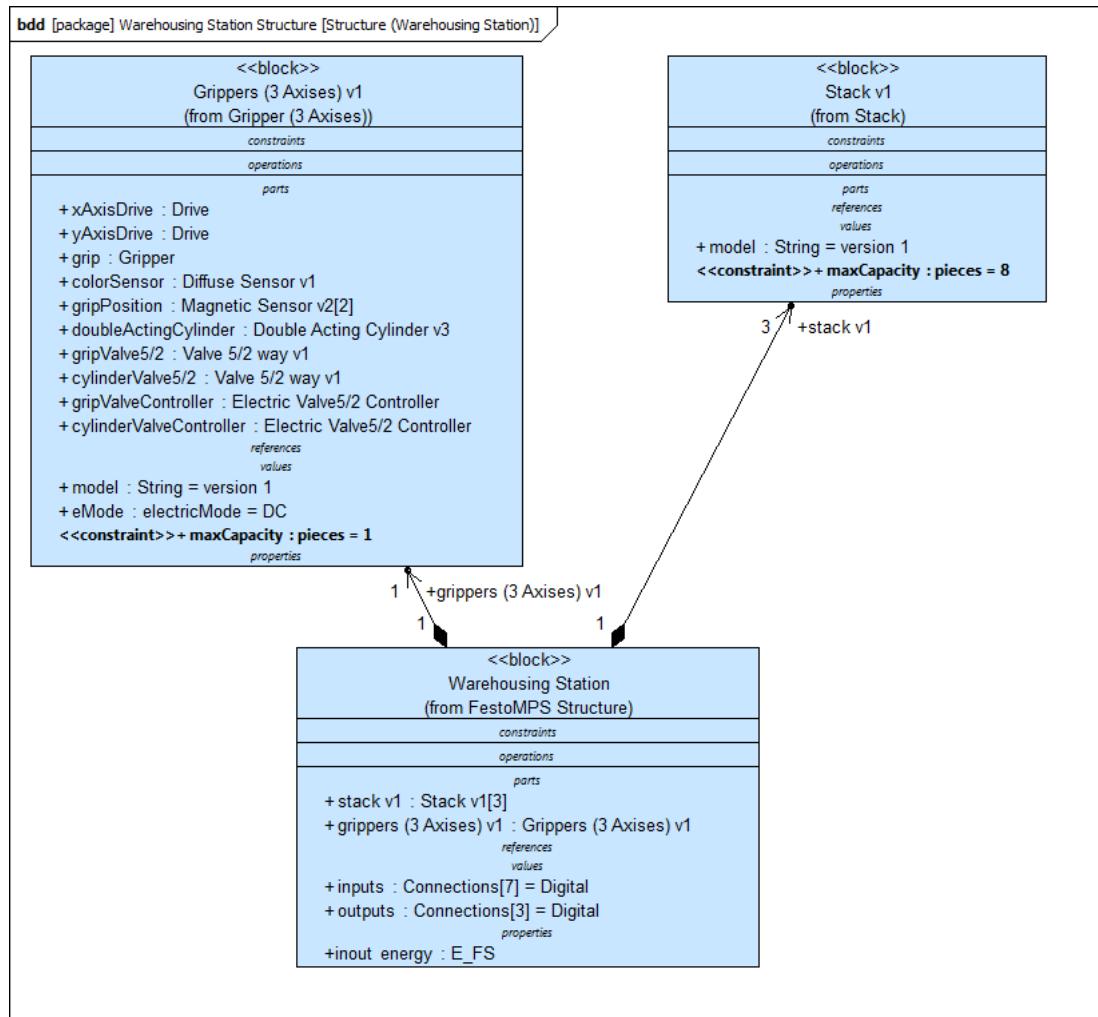


Σχήμα Α'143: Η δομή του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Υλοποίησης

Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.144: Η δομή του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα A'.145: Η δομή του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης

A'.3.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package

A'.4 Εξομοιωτής Festo MPS®

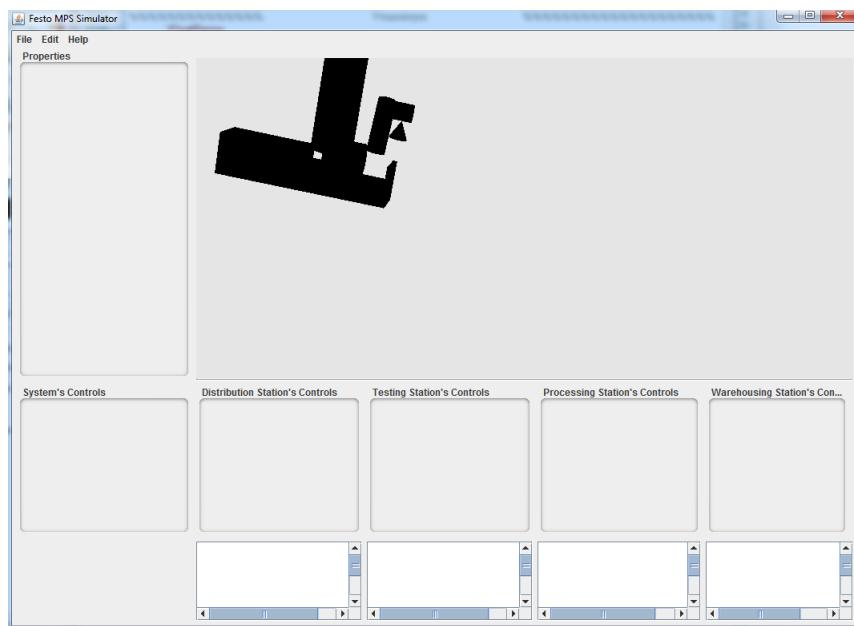
Κεφάλαιο Α'

Ο εξομοιωτής αποτελείται από τρία τμήματα το καθένα από τα οποία είναι και πακέτο (package) στο java κώδικα του λογισμικού.

Simulator Το πακέτο αυτό περιέχει τη πρώτη κλάση του λογισμικού. Αναλαμβάνει την αρχικοποίηση των υποσυστημάτων, την ενεργοποίηση των νημάτων λειτουργίας και τέλος την κατασκευή και διαχείριση του γραφικού περιβάλλοντος.

FestoMPS Περιλαμβάνει τις κλάσεις που αναπαριστούν τις μονάδες και τα εξαρτήματα του πραγματικού συστήματος. Στις κλάσεις αυτές ενθυλακώνεται μόνο η λειτουργική συμπεριφορά των μονάδων. Δεν υλοποιείται καμία γραφική απεικόνιση αυτών.

FestoMPS3D Περιλαμβάνει όλες τις κλάσεις που αναπαριστούν τρισδιάστατα τις μονάδες και τα εξαρτήματα του πραγματικού συστήματος.



Σχήμα Α'.146: Η γραφική διεπαφή του εξομοιωτή

Παράρτημα Β'

Takos System

B'.1 Takos 1

B'.1.1 Takos 1.1

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- [1] National Aeronautics and Space Administration (NASA). *Systems Engineering Handbook. SP-2007-6105 Rev 1*. NASA, 12/2007 (cit. on p. 16).
- [2] Loyd Baker et al. *Foundational Concepts for Model Driven System Design*. paper. Model Driven System Design Working Group, INCOSE, 1996 (cit. on pp. 19, 23–25).
- [3] L. Balmelli et al. “Model-driven systems development”. In: *IBM Systems Journal* 45.3 (2006) (cit. on pp. 20, 26).
- [4] Festo Didactic GmbH & Co. *Changer module Manual 527435*. manual. URL: <http://www.festo-didactic.com/int-en/services/printed-media/data-sheets/mps-mechatronics/changer-module-manual-527435.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xMDkzLjU2MjQ> (cit. on p. 40).
- [5] Festo Didactic GmbH & Co. *Distribution Station Manual 648811*. manual. URL: <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/courseware/mechatronic-learning-systems/training-documentation/training-documentation-mps-distribution-station.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC41MjYuNDQ1NQ> (cit. on pp. 38, 42).
- [6] Festo Didactic GmbH & Co. *Handling Station Manual 655633*. manual. URL: http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/stations/handling-station_pneumatic-all-round-with-pneumatic-linear-drive.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC42MDYuMzk0Ng (cit. on pp. 57–59).
- [7] Festo Didactic GmbH & Co. *Overview of MPS®Stations*. technical paper. URL: <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00429303001075223804.pdf> (cit. on pp. 39, 44, 54, 58).

- [8] Festo Didactic GmbH & Co. *Processing Station Manual 648813.* manual. URL: <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/stations/processing-station-purely-electrical.htm> (cit. on pp. 50, 52, 54–56).
- [9] Festo Didactic GmbH & Co. *Stack magazine module Manual 527434.* manual. URL: <http://www.festo-didactic.com/int-en/services/printed-media/data-sheets/mps-mechatronics/stack-magazine-module-manual-527434.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj4xMDkzLjU2MjM> (cit. on p. 39).
- [10] Festo Didactic GmbH & Co. *Testing Station Manual 648812.* manual. URL: <http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/mps-the-modular-production-system/stations/focus-on-sensors-testing-station.htm> (cit. on pp. 43, 46, 48–50).
- [11] P. Coste et al. “Multilanguage Design of Heterogeneous Systems”. In: *Proceedings of the Seventh International Workshop on Hardware/Software Codesign.* CODES'99. Ed. by IEEE. Rome, Italy, 1999, pp. 54–58 (cit. on p. 17).
- [12] Sanford Friedenthal, Alan Moore, and Rick Steiner. *A Practical Guide to SysML. The Systems Modeling Language.* Elsevier Inc., 08/07/2008. ISBN: 978-0123743794 (cit. on p. 31).
- [13] Geia. *EIA-632.* Standard. Geia, A Sector of the Electronic Industries Alliance, 1999 (cit. on p. 17).
- [14] Matthias Gudemann et al. “SysML in Digital Engineering”. In: *Proceedings of the First International Workshop on Digital Engineering.* IWDE '10. 2010, pp. 1–8. ISBN: 978-1-60558-992-3 (cit. on p. 67).
- [15] Martin Hirsch and Marco Helwig. *FESTO - Modular Production System.* lastly accessed : 08-2011. 2005. URL: <http://www.ece.auckland.ac.nz/~vyatkin/halle/index.htm> (cit. on p. 36).
- [16] Incose. *Systems Engineering Handbook v.3. A Guide for System Life Cycle Processes and Activities.* 2006 (cit. on p. 17).
- [17] Jens Larsen, Thomas Muth, and Dominikus Herzberg. *A fresh view on model-based systems engineering: The processing system paradigm.* AB Vascaia, Ericsson Eurolab Deutschland GmbH, and Ericsson Research Canada (cit. on pp. 33, 68).
- [18] Jr. Loyd Baker. *Lessons Learned Applying Model-Based System Engineering Methods to a Strategic Planning Activity.* Vitech Corporation, Huntsville, Alabama (cit. on p. 26).

- [19] G. E. Mogyorodi. “What Is Requirements-Based Testing?” In: *Crosstalk, The Journal of Defense Software Engineering* 16.3 (03–2003) (cit. on p. 20).
- [20] David W. Oliver, Timothy P. Kelliher, and James G. Keegan. *Engineering Complex Systems with Models and Objects*. McGraw-Hill, 1997 (cit. on p. 17).
- [21] Russell S. Peak et al. “Simulation-Based Design Using SysML Part 1- A Parametrics Primer”. In: INCOSE Intl. Symposium, San Diego. INCOSE, 2007 (cit. on pp. 32, 68).
- [22] Russell S. Peak et al. “Simulation-Based Design Using SysML Part 2- Celebrating Diversity by Example”. In: INCOSE Intl. Symposium, San Diego. INCOSE, 2007 (cit. on pp. 32, 68).
- [23] Mauro Prevostini and Elena Zamsa. *SysML Profile for SoC Design and SystemC Transformation*. Faculty of Informatics, University of Lugano, 05/11/2007 (cit. on pp. 32, 68).
- [24] A. Qamar, C. During, and J. Wikander. “Designing mechatronic systems, a model-based perspective, an attempt to achieve SysML-Matlab/Simulink model integration”. In: *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*. AIM 2009. Ed. by IEEE. Singapore, pp. 1306–1311. ISBN: 978-1-4244-2852-6 (cit. on p. 21).
- [25] Ahsan Qamar. “An Integrated Approach towards Model-Based Mechatronic Design”. masterthesis. Stockholm, Sweden: Division of Mechatronics, Department of Machine Design, KTH-Royal Institute of Technology, 2011 (cit. on p. 21).
- [26] Gautam Sachdeva, Rainer Dömer, and Pai Chou. *System Modeling : A Case Study on a Wireless Sensor Network*. Technical Report. CECS-TR-05-12. Center for Embedded Computer System, University of California, Irvine USA, 06/15/2005 (cit. on pp. 18, 23, 30).
- [27] Nadia A. Tepper. “Exploring the use of Model-Based Systems Engineering (MBSE) to develop Systems Architectures in Naval Ship Design”. masterthesis. Department of Mechanical Engineering, MIT, 2010 (cit. on pp. 18, 21, 22).
- [28] Fatemeh Zarvani. “System Modelling for Spacecraft On-Board Computers. Master of Science Thesis in the Programme Networks and Distributed Systems”. masterthesis. Göteborg, Sweden: Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology, 2010 (cit. on pp. 26, 66, 67).

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- [29] Αικατερίνη Αρετάκη. “Η UML στην ανάπτυξη ενσωματωμένων συστημάτων”. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2009 (cit. on pp. 38, 43, 50, 57).
- [30] Κλεάνθης Θραμπουλίδης. *Κεφάλαιο 5: Το φυσικό σύστημα.* τελευταία προσπέλαση : 08-2011. URL: <http://seg.ece.upatras.gr/Courses/SE/docs/FestoMPSDescription.pdf> (cit. on pp. 38, 41–43, 47, 49, 50, 55–58).

Γλωσσάρι

Model Driven System Design Σχεδιασμός συστημάτων βασιζόμενος στην χρήση μοντέλων. 23, 181

Systems Modeling Language Γλώσσα μοντελοποίησης συστημάτων. 13, 181

Διαγραμματική μοντελοποίηση συστημάτων Αποτελεί την καινούρια τεχνική για τη σύλληψη, σχεδιασμό, υλοποίηση και επαλήθευση συστημάτων. Χρησιμοποιεί διαγράμματα για να περιγράψει τη δομή του συστήματος, τις διαφορετικές καταστασεις στις οποίες εισέρχεται, την εξέλιξη του στο χρόνο καθώς και την αλλεπίδρασή του με το περιβάλλον του. 13

Μηχανικός συστημάτων Νέα έννοια που οποία δηλώνει τον ειδικευμένο μηχανικό στη θεωρία συστημάτων. 37

Συντομογραφίες

EIA Electronic Industries Alliance. 17

INCOSE International Council on Systems Engineering. 17

Mdsd Model Driven System Design. βλπ γλωσσάρι. 23

NASA National Aeronautics and Space Administration. 16

SysML Systems Modeling Language. βλπ γλωσσάρι. 30, 37

UML Unified Modeling Language. 30

Λεξικό αγγλικών όρων

- έμβολο εκτίναξης ejecting cylinder. 44
- έμβολο πεπιεσμένου αέρα δύο κατευθύνσεων double-acting cylinder.
38
- αισθητήρας ανάκλασης retro-reflective sensor. 44
- αισθητήρας κενού vacuum switch. 38
- αισθητήρας προσέγγισης proximity sensor. 44
- αναλογικός αισθητήρας analogue sensor. 44
- βαλβίδα ελέγχου πεπιεσμένου αέρα μίας κατεύθυνσης one-way flow control valves. 41
- βεντούζα suction cup. 38
- γραμμικό έμβολο linear cylinder. 44
- επαγωγικός αισθητήρας inductive sensor. 44
- ηλεκτρομαγνητική διάταξη solenoid. 52
- μαγνητικός αισθητήρας magnetic sensor. 44
- μηχανή γραναζωτής σύμπλεξης συνεχούς ζεύματως dc gear motor.
51
- μικροδιακόπτης micro switch. 42
- μονάδα μεταφοράς changer module. 38
- πλατφόρμα κύλισης slide. 44

πλατφόρμα κύλισης με εξοικάλυψη αέρα air cushioned slide. 44

πνευματικό έμβολο pneumatic cylinder. 44

φωτοκύτταρο through-beam sensor. 38

Ευχετήριο

- Ansi C, 23
 - behavioul
 - package, 83, 116, 169
 - contex, 72, 89, 129
 - Festo Didactic, 35
 - model
 - analysis, 60, 89
 - conception, 60, 72
 - design, 129
 - implementation, 60
 - package
 - behaviour, 83, 116, 169
 - requirements, 75, 94, 160
 - structure, 82, 105, 160
 - requirements
 - package, 75, 94, 160
 - SLDL, 23
 - SpecC, 23
 - structure
 - package, 82, 105, 160
 - System-Level Design Languages, 23
 - έμβολο
 - γραμμικό, 44
 - διπλίς κατεύθυνσης, 41
 - εκτίναξης, 44
- ηλεκτρικό, 52
 - πνευματικό, 44, 57
 - αισθητήρας
 - ανάκλασης, 44
 - αναλογικός, 44
 - επαγωγικός, 41, 44, 52
 - κενού, 42
 - μαγνητικός, 44
 - οπτικός, 44
 - προσέγγισης, 44, 52
 - απαιτήσεις
 - πακέτο, 75, 94, 160
 - βαλβίδα, 41
 - βεντούζα, 38
 - βραχίονας, 38
 - δαγκάνα
 - πνευματική, 57
 - διακόπτης
 - ηλεκτρικός, 52
 - τερματικός, 52
 - δομή
 - πακέτο, 82, 105, 160
 - εξομοιωτής, 170
 - επαγωγικός αισθητήρας, 41
 - ηλεκτρομαγνητική διάταξη, 52
 - ψάντας, 52
 - ιχνηλασμότητα, 27
 - κινητήρας
 - πνευματικός, 41
 - κυλινδρικά τεμάχια, 37
 - λειτουργία

- πακέτο, 83, 116, 169
μέθοδος
παραδοσιακή, 20
μπχανί
συνεχούς ρεύματος, 51
μικροδιακόπτης, 42
μονάδα
αναγνώρισης, 44
ανύψωσης, 44
αποθήκευσης, 57
διάτροπης, 52
ελέγχου, 52
κύλισης, 45
κύλισης με εξομάλυνση
αέρα, 45
μέτρησης, 45
μεταφοράς, 41, 57
περιστροφής, 51
μοντέλο, 26
ανάλυσης, 60, 89
συστήματος ελέγχου, 61
σύλληψης, 60, 72
υλοποίησης, 60, 129
οδοντωτός ψάντας, 52
πακέτο
απαιτήσεις, 75, 94, 160
δομής, 82, 105, 160
λειτουργίας, 83, 116, 169
παραδοσιακή μέθοδος, 20
περιστροφική κίνηση, 41
πλατφόρμα κύλισης
εξομάλυνση αέρα, 44
προδιαγραφές, 20
πρώτη ύλη, 37
πυρηνικά απόβλητα, 26
σταθμός
αποθήκευσης, 57
διανομής, 38
ελέγχου, 43
επεξεργασίας, 50
στοίβα αποθήκευσης, 38
τεμάχια, 37
τρυπάνι, 52
φωτοκύτταρο, 41
χώρος υλοποίησης, 72, 89, 129