

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 Μπρόου:
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

ηγψξγηξηγξγηκξ

Περιεχόμενα

Κατάλογος Σχημάτων	10
Κατάλογος Πινάκων	11
Πρόλογος	13
1 Σύστημα και ενσωματωμένα συστήματα	15
1.1 Εισαγωγή στις έννοιες συστημάτων και ενσωματωμένων .	15
1.2 Η εξέλιξη των συστημάτων σήμερα	16
2 Μοντελοποίηση συστημάτων	18
2.1 Εισαγωγή	18
2.2 Γραφική μοντελοποίηση συστημάτων	23
2.3 Μοντελοποίηση και εφαρμογή σε πεδία ευρύτερα από του μηχανικού	24
2.3.1 Χρησιμοποίηση μοντέλων για τον στρατηγικό σχεδιασμό της απόθεσης πυρονικών αποβλήτων.	24
3 Μεθοδολογίες μοντελοποίησης συστημάτων	26
3.1 Ακμάζουσες MBSE μεθοδολογίες	26
3.1.1 IBM Telelogic Harmony-SE	26
3.1.2 INCOSE Object-Oriented Systems Engineering Method (OOSEM)	26
3.1.3 IBM Rational Unified Process for Systems Engineering (RUP SE) for Model-Driven Systems Development (MDSD)	26
3.1.4 Vitech Model-Based System Engineering (MBSE) Methodology	26
3.1.5 JPL State Analysis (SA)	26
3.1.6 Dori Object-Process Methodology (OPM)	26
3.1.7 Department of Defense Architecture Framework (DoDAF)	26

4	Γλώσσες μοντελοποίησης συστημάτων	27
4.1	AADL	27
4.2	MARTE	27
4.3	UPDM	27
4.4	AML	27
4.5	SLM	28
4.6	SLDL	28
4.7	Unified Modeling Language - UML	28
4.8	Systems Engineering Modelling Language - SysML	28
5	Γλώσσα SyML	29
5.1	Εισαγωγή	29
5.2	Παρουσίαση διαγραμμάτων [13]	29
5.3	Λογισμικό υποστήριξης	30
6	Πρώτο πεδίο εφαρμογής :	
	MPS®System	31
6.1	Παρουσίαση του συστήματος	31
6.1.1	Σταθμός διανομής [6] [1] [2]	34
6.1.2	Σταθμός ελέγχου [11] [1] [2]	39
6.1.3	Σταθμός επεξεργασίας [9] [1] [2]	46
6.1.4	Σταθμός αποθήκευσης [7] [1] [2]	53
6.2	Μοντελοποίηση του συστήματος	56
6.2.1	Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model	56
6.2.2	Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model	56
6.2.3	Μοντέλο Υλοποίησης - Implementation Model	56
6.2.4	Μοντέλο Συστήματος Ελέγχου	57
6.3	Έλεγχος του συστήματος ελέγχου του Festo MPS	59
7	Δεύτερο πεδίο εφαρμογής :	
	Takos System	61
8	Συμπεράσματα	62
8.1	Συμφωνούμε με τα παρακάτω	62
9	Συσχετιζόμενες εργασίες	64
9.1	Σχεδίαση βάσην εξομείωσης	64
9.2	SoC, SysML and SystemC	64
9.3	The processing system paradigm	65
10	Προοπτικές	66

Παραρτήματα	67
A' Festo MPS®System	68
A'.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model	68
A'.1.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex	68
A'.1.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package	71
A'.1.3 Πακέτο δομής - Structure package	78
A'.1.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package	79
A'.2 Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model	85
A'.2.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex	85
A'.2.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package	90
A'.2.3 Πακέτο δομής - Structure package	101
A'.2.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package	112
A'.3 Μοντέλο Υλοποίησης -Design Model	125
A'.3.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex	125
A'.3.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package	156
A'.3.3 Πακέτο δομής - Structure package	156
A'.3.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package	165
A'.4 Εξομοιωτής Festo MPS®	166
B' Takos System	168
B'.1 Takos 1	168
B'.1.1 Takos 1.1	168
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία	169
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	171
Γλωσσάρι	175
Συντομογραφίες	177
Λεξικό αγγλικών όρων	179
Ευρετήριο	181

Κατάλογος σχημάτων

6.1	Το πλήρες σύστημα Festo MPS®	32
6.2	Το σύστημα Festo MPS®χωρίς τον τελικό σταθμό αποθήκευσης [15]	32
6.3	Οι πρώτες ύλες της γραμμής παραγωγής	33
6.4	Ο σταθμός διανομής [8]	35
6.5	Η στοίβα αποθήκευσης [10]	35
6.6	Η μονάδα μεταφοράς [5]	36
6.7	Γραφική απεικόνιση της στοίβας αποθήκευσης [1]	37
6.8	Γραφική απεικόνιση της μονάδας μεταφοράς [1]	38
6.9	Ο σταθμός ελέγχου [8]	40
6.10	Η μονάδα αναγνώρισης [11]	42
6.11	Η μονάδα ανύψωσης [11] (στη δεύτερη εικόνα εμφανίζεται ο οδηγός καλωδίων στον οποίο τοποθετούνται τα πλεκτρικά καλώδια και οι σωλήνες μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα)	42
6.12	Σχηματική απεικόνιση της μονάδας μέτρησης [1]	43
6.13	Η μονάδα μέτρησης [11]	44
6.14	Η μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα [11]	44
6.15	Σχηματική απεικόνιση της μονάδας κύλισης με εξομάλυνση αέρα [1]	45
6.16	Η μονάδα κύλισης [11]	45
6.17	Ο σταθμός επεξεργασίας [8]	50
6.18	Η μονάδα διάτρησης [9]	50
6.19	Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας διάτρησης [1] Παρατηρείται ότι το τρυπάνι κινείται με τη βοήθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με πλεκτρικό κινητήρα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη όπως αυτή τεκμηριώνεται στο [9]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	51
6.20	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	51

6.21 Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας ελέγχου [1] Παρατηρείται ότι η ακίδα κινείται με τη βούθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με πλεκτρομαγνητική διάταξη όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη όπως αυτή τεκμηρώνεται στο [9]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	52
6.22 Ο σταθμός αποθήκευσης [1] Παρατηρείται ότι η διάταξη μεταφοράς περιλαμβάνει βεντούζα και όχι δαγκάνα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη ως συνδυασμό των [FestoMPSHandlingStayionManual] και [1] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	54
6.23 Ο σταθμός αποθήκευσης [8] 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 [FestoMPSHandlingStayionManual] και [1] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα	54
A'.1 Η δομή του μοντέλου Σύλληψης	69
A'.2 Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Σύλληψης	70
A'.3 Οι ρόλοι του μοντέλου Σύλληψης	70
A'.4 Η οργάνωση των απαιτήσεων στο μοντέλο Σύλληψης	72
A'.5 Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Σύλληψης	73
A'.6 Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλληψης	74
A'.7 Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλληψης	75
A'.8 Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλληψης	76
A'.9 Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλληψης	77
A'.10 To bdd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	79
A'.11 To ibd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	79
A'.12 Η οργάνωση του πακέτου λειτουργίας του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	80
A'.13 Οι καταστάσεις λειτουργίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	81
A'.14 Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	82

A'.15 Η οργάνωση των Ενεργειών του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	83
A'.16 Οι ενέργειες του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	83
A'.17 Το αφαιρετικό διάγραμμα ακολουθίας του μοντέλου Σύλληψης	84
A'.18 Το διάγραμμα της κύριας ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης	84
A'.19 Η δομή του μοντέλου Ανάλυσης	86
A'.20 Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Ανάλυσης	87
A'.21 Η σχέση του συστήματος με τον χώρο υλοποίησης του στο μοντέλο Ανάλυσης	88
A'.22 Οι ρόλοι του μοντέλου Ανάλυσης	88
A'.23 Οι όψεις του μοντέλου Ανάλυσης	89
A'.24 Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Ανάλυσης	89
A'.25 Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης	91
A'.26 Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	91
A'.27 Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο σύλληψης	92
A'.28 Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	93
A'.29 Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	93
A'.30 Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	94
A'.31 Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης	95
A'.32 Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης	95
A'.33 Οι απαιτήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	96
A'.34 Οι απαιτήσεις του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	96
A'.35 Οι απαιτήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	97
A'.36 Οι απαιτήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	97
A'.37 Η πλήρωση των απαιτήσεων του μοντέλου Σύλληψης	98

A'.38Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	98
A'.39Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	99
A'.40Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	99
A'.41Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	100
A'.42Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	100
A'.43Η ιεραρχική διάρθρωση των βασικών δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης	102
A'.44Η ιεραρχική διάρθρωση των δευτερευόντων δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης	103
A'.45Οι τεκμηριώσεις των ροών στο μοντέλο Ανάλυσης	103
A'.46Οι τεκμηριώσεις των διεπαφών στο μοντέλο Ανάλυσης	104
A'.47Το bdd του Festo Mps στο μοντέλο Ανάλυσης	104
A'.48Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης	104
A'.49Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις γραμμές ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	105
A'.50Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις διεπαφές στο μοντέλο Ανάλυσης	105
A'.51Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στην ενέργεια στο μοντέλο Ανάλυσης	106
A'.52Το bdd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	106
A'.53Το ibd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	106
A'.54Το bdd του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	107
A'.55Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης	107
A'.56Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στον έλεγχο στο μοντέλο Ανάλυσης	107
A'.57Το ibd της μονάδας αναγνώρισης στο μοντέλο Ανάλυσης .	108
A'.58Το bdd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	108
A'.59Το ibd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	108
A'.60Το bdd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	109
A'.61Το ibd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	110
A'.62Το bdd του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	110
A'.63Το ibd του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	111

A'.64 Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	113
A'.65 Το διάγραμμα καταστάσεων του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	114
A'.66 Το διάγραμμα ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	115
A'.67 Το διάγραμμα ακολουθίας για την ενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	115
A'.68 Το διάγραμμα ακολουθίας για την αρχικοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	116
A'.69 Το διάγραμμα ακολουθίας για τον τερματισμό εκκίνησης του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	117
A'.70 Το διάγραμμα ακολουθίας για την απενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης	117
A'.71 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	118
A'.72 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης	118
A'.73 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	119
A'.74 Το διάγραμμα καταστάσεων του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	119
A'.75 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	120
A'.76 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	120
A'.77 Το διάγραμμα καταστάσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	121
A'.78 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης	122
A'.79 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	123
A'.80 Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης	123
A'.81 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ενέργειας στο μοντέλο Ανάλυσης	124
A'.82 Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης	125
A'.83 Η δομή του μοντέλου Υλοποίησης	126
A'.84 Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Υλοποίησης	127
A'.85 Οι ρόλοι του μοντέλου Υλοποίησης	127

A'.86Οι όψεις του μοντέλου Υλοποίησης	128
A'.87Τα λοιπά στοιχεία του μοντέλου Υλοποίησης	129
A'.88Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Υλοποίησης	129
A'.89Η τεκμηρίωση των ροών του μοντέλου Υλοποίησης	130
A'.90Οι κατηγορίες των υπό μέτρηση μεγεθών του μοντέλου Υλοποίησης	131
A'.91Οι μονάδες μέτρησης του μοντέλου Υλοποίησης	132
A'.92Τα υπό μέτρηση μεγέθη του μοντέλου Υλοποίησης	132
A'.93Το bdd των πρώτων υλών στο μοντέλο Υλοποίησης	132
A'.94Η κατάταξη των συκευών στο μοντέλο Υλοποίησης	133
A'.95Η ιεραρχική διάρθρωση των αισθητήρων στο μοντέλο Υλο- ποίησης	133
A'.96Οι αναλογικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	134
A'.97Οι μαγνητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	134
A'.98Οι τερματικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	135
A'.99Οι επαγωγικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	135
A'.10Ωι χωρητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης	135
A'.10Ωι αισθητήρες κενού του μοντέλου Υλοποίησης	136
A'.10Ωι αισθητήρες ανάκλασης του μοντέλου Υλοποίησης	136
A'.10Ωι αισθητήρες φωτοκύτταρου του μοντέλου Υλοποίησης .	137
A'.10Ωι αισθητήρες διάχυσης του μοντέλου Υλοποίησης	137
A'.10Ωι ιεραρχική διάρθρωση των ενεργοποιητών στο μοντέλο Υλοποίησης	138
A'.10Ωι πνευματικοί κύλινδροι του μοντέλου Υλοποίησης	139
A'.10Ωι βαλβίδες χωρίς επιστροφή του μοντέλου Υλοποίησης .	139
A'.10Ωι βαλβίδες μίας κατεύθυνσης του μοντέλου Υλοποίησης	140
A'.10Ωι βαλβίδες 5/3 του μοντέλου Υλοποίησης	140
A'.11Ωι βαλβίδες 5/2 του μοντέλου Υλοποίησης	140
A'.11Ωι πλεκτρικά ρελέ του μοντέλου Υλοποίησης	141
A'.11Ωι ελεγκτές πλεκτρικών βαλβίδων του μοντέλου Υλοποί- ησης	141
A'.11Ωι ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων μεταφοράς στο μο- ντέλο Υλοποίησης	142
A'.11Ωι μονάδες μεταφοράς με βεντούζα κενού του μοντέλου Υλοποίησης	143
A'.11Ωι μονάδες μεταφοράς με δαγκάνα του μοντέλου Υλο- ποίησης	143
A'.11Ωι μονάδες μεταφοράς με εξομάλυνση αέρα του μοντέ- λου Υλοποίησης	145

A'.11Ωι συσκευές επικοινωνίας στο μοντέλο Υλοποίησης	146
A'.12Η iεραρχική διάρθρωση των μονάδων λειτουργίας στο μοντέλο Υλοποίησης	147
A'.12Ιι μονάδες διάτροπης του μοντέλου Υλοποίησης	147
A'.12Ωι μονάδες μέτρησης βάθους του μοντέλου Υλοποίησης	148
A'.12Ξ iεραρχική διάρθρωση των μονάδων λογισμικού στο μοντέλο Υλοποίησης	148
A'.12Η iεραρχική διάρθρωση των μονάδων αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης	149
A'.12Ξ iεραρχική διάρθρωση των λοιπών μονάδων στο μοντέλο Υλοποίησης	150
A'.12Ωι βραχίονες στο μοντέλο Υλοποίησης	150
A'.12Ωι στοίβες στο μοντέλο Υλοποίησης	151
A'.12Ωι βάσεις στοιβών στο μοντέλο Υλοποίησης	151
A'.12Βάσεις στο μοντέλο Υλοποίησης	152
A'.13Ωι βεντούζες στο μοντέλο Υλοποίησης	153
A'.13Ωι συγκριτές στο μοντέλο Υλοποίησης	153
A'.13Ωι μονάδες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	153
A'.13Ωι κινητήρες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	154
A'.13Ωι πλεκτρικοί κινητήρες στο μοντέλο Υλοποίησης	154
A'.13Ξα φίλτρα αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	154
A'.13Ωι γεννήτριες κενού στο μοντέλο Υλοποίησης	155
A'.13Η δομή του Festo MPS στο μοντέλο Υλοποίησης	156
A'.13Ξ iεραρχική διάρθρωση των σταθμών στο μοντέλο Υλοποίησης	157
A'.13Η δομή του σταθμού διανομής στο μοντέλο Υλοποίησης	158
A'.14Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τις πρώτες ύλες στο μοντέλο Υλοποίησης	159
A'.14Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τον έλεγχο στο μοντέλο Υλοποίησης	160
A'.14Ωι εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης	160
A'.14Ξ iεσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή πλεκτρικής ενέργειας στο μοντέλο Υλοποίησης	161
A'.14Η δομή του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Υλοποίησης	162
A'.14Ξ δομή του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Υλοποίησης	163
A'.14Η δομή του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης	164
A'.14Η γραφική διεπαφή του εξομοιωτή	167

Κατάλογος πινάκων

6.1	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού διανομής	38
6.2	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού ελέγχου	46
6.3	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού επεξεργασίας	48
6.4	Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού αποθήκευσης	55
6.5	Αισθητήρες και ενεργοποιητές του Festo MPS	57

Πρόλογος

Κεφάλαιο 1 Αναλύεται η έννοια του συστήματος και το επιστημονικό πεδίο των ενσωματωμένων συστημάτων. *****

Κεφάλαιο 2 Τεκμιρώνεται ο ορισμός της μοντελοποίησης συστημάτων και η χρησιμότητα αυτής στο μηχανικό συστημάτων. *****

Κεφάλαιο 3 Παρατίθενται οι κυριότερες μεθοδολογίες μοντελοποίησης συστημάτων με μία σύντομη ανάλυση τους. *****

Κεφάλαιο 4 Σε συνδυασμό του προηγουμένου κεφαλαίου παρατίθενται οι κυριότερες γλώσσες μοντελοποίησης συστημάτων με μία σύντομη ανάλυση τους. Επιπλέον τεκμιρώνεται η επιλογή της SysML για την εργασία αυτή. *****

Κεφάλαιο 5 Αρχικά, δίνεται μια σύντομη εισαγωγή της SysML και παρουσιάζονται κάποια ιστορικά στοιχεία. *****

Κεφάλαιο 6 Αρχικά δίνεται η περιγραφή του συστήματος FestoMPS. Το Festo MPS είναι ένα σύστημα γραμμής παραγωγής το οποίο αναπτύχθηκε από την εταιρεία Festo και χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα,

τη μονάδα διανομής, τη μονάδα ελέγχου, τη μονάδα επεξεργασίας και τη μονάδα αποθήκευσης. 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 αυτό. Η πλήρη υλοποίηση του συστήματος αυτού παρουσιάζεται στο παράρτημα Α'.

Κεφάλαιο 7 Η πλήρη υλοποίηση του συστήματος αυτού παρουσιάζεται στο παράρτημα Β'. *****

Κεφάλαιο 8 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 9 *****

Κεφάλαιο 10 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, η ελληνόγλωσση και ξενόγλωσση βιβλιογραφία -10 και 10-, γλωσσάρι 10, λίστα συντομογραφιών 10, λεξικό αγγλικών όρων 10 και ευρετήριο 10.

Κεφάλαιο 1

Σύστημα και ενσωματωμένα συστήματα

1.1 Εισαγωγή στις έννοιες συστημάτων και ενσωματωμένων

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. [12]

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. [23]

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. [23]

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. [24]

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. [24]

1.2 Η εξέλιξη των συστημάτων σήμερα

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μία εκθετική αύξηση του μεγέθους και της πολυπλοκότητας των συστημάτων. Στη δεκαετία του

Κεφάλαιο 1

1980 και ιδιαίτερα στις αρχές του 1990 άρχισε μία προσπάθεια συστηματοποίησης των μεθοδολογιών σχεδίασης και κατασκευσής συστημάτων. [3]

Κεφάλαιο 2

Μοντελοποίηση συστημάτων

2.1 Εισαγωγή

Οι παραδοσιακές μεθόδοι που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη συστημάτων οδηγούν σε λύσεις που ανταποκρίνονται σε σταθερές και δυσκολά τροποποιήσιμες προδιαγραφές. Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψιν τη δυναμικότητα των σύγχρονων συστημάτων και την ταχύτητα με την οποία αλλάζουν οι προδιαγραφές, τα συστήματα αυτά αποδεικνύονται 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 [4], 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

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. [24]

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. [24]

Models have many purposes, but the primary role in systems architecting is communication. [24]

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. [3]

Για τους παραπάνω λόγους άρχισε μία ενδεία προσπάθεια για να βρεθούν μεθοδολογίες και εργαλεία μοντελοποίησης συστημάτων και συγκεκριμένα από το 1998 παρατηρούμε πληθώρα δημοσιεύσεων. Επιχειρείται να μοντελοποιηθούν συστήματα με χρησιμοποιώντας υπάρχοντα εργαλεία. Χαρακτηριστική είναι η εργασία των Gautam Sachdeva et. al. [23] όπου γίνεται προσπάθεια να μοντελοποιηθεί δίκτυο παρακολούθησης της κινητικότητας νεογέννητων βασιζόμενο σε ασύρματους αισθητήρες. Στην εργασία αυτή δεν γίνεται χρήση κάποιας γλώσσας

Κεφάλαιο 2

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 [3],....

Benefits of MDSD over textual approaches accrue from two essential features of a good model: [3]

- 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: [3]

- 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: [3]

- 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. [4]

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 πολυτλοκότητας που παρουσιάζεται στο σχεδιασμό και συντήρηση μεγάλων και σύνθετων συστημάτων. Ευελπιστεί να βελτιώσει την επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των ομάδων που αλληλεπιδρούν στο σχε-

διασμό -μηχανικοί- και στη χρήση -τελικοί χρήστες, εταιρία προώθησης- αυτού. [25]

2.3 Μοντελοποίηση και εφαρμογή σε πεδία ευρύτερα από τον μηχανικό

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 πυρονικών αποβλήτων.

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

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 μηχανικών και των μη μηχανικών λόγω της απλότητας και της ευκρίνειας της παρουσίασης.
- Η αποσαφήνιση των ενεργειών και των ροών τους και η ανάθεσή τους σε φυσικές οντότητες (πρόσωπα, μηχανήματα, εξαρτήματα

Κεφάλαιο 2

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.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογίες μοντελοποίησης συστημάτων

3.1 Ακμάζουσες MBSE μεθοδολογίες

- 3.1.1 IBM Telelogic Harmony-SE
- 3.1.2 INCOSE Object-Oriented Systems Engineering Method (OOSEM)
- 3.1.3 IBM Rational Unified Process for Systems Engineering (RUP SE) for Model-Driven Systems Development (MDSD)
- 3.1.4 Vitech Model-Based System Engineering (MBSE) Methodology
- 3.1.5 JPL State Analysis (SA)
- 3.1.6 Dori Object-Process Methodology (OPM)
- 3.1.7 Department of Defense Architecture Framework (DoDAF)

Κεφάλαιο 4

Γλώσσες μοντελοποίησης συστημάτων

4.1 AADL

Architecture Analysis & Design Language hj

4.2 MARTE

Modelling and Analysis of Real Time and Embedded systems hj

4.3 UPDM

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

4.4 AML

Abstract systems Modelling Language hj]

4.5 SLM

System Engineering Process hj

4.6 SLDL

Πεδίο δοκιμής 1 Στην εργασία των Gautam Sachdeva et. al. [23] γίνεται προσπάθεια να μοντελοποιηθεί δίκτυο παρακολούθησης της κινητικότητας νεογέννητων βασιζόμενο σε ασύρματους αισθητήρες.

4.7 Unified Modeling Language - UML

Unified Modeling Language (UML) hj

4.8 Systems Engineering Modelling Language - SysML

SysML hj

Κεφάλαιο 5

Γλώσσα SyML

5.1 Εισαγωγή

5.2 Παρουσίαση διαγραμμάτων [13]

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 - rn-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)

5.3 Λογισμικό υποστήριξης

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

¹<http://www.eclipse.org/>

²<http://www.topcased.org/>

Κεφάλαιο 6

Πρώτο πεδίο εφαρμογής : MPS®System

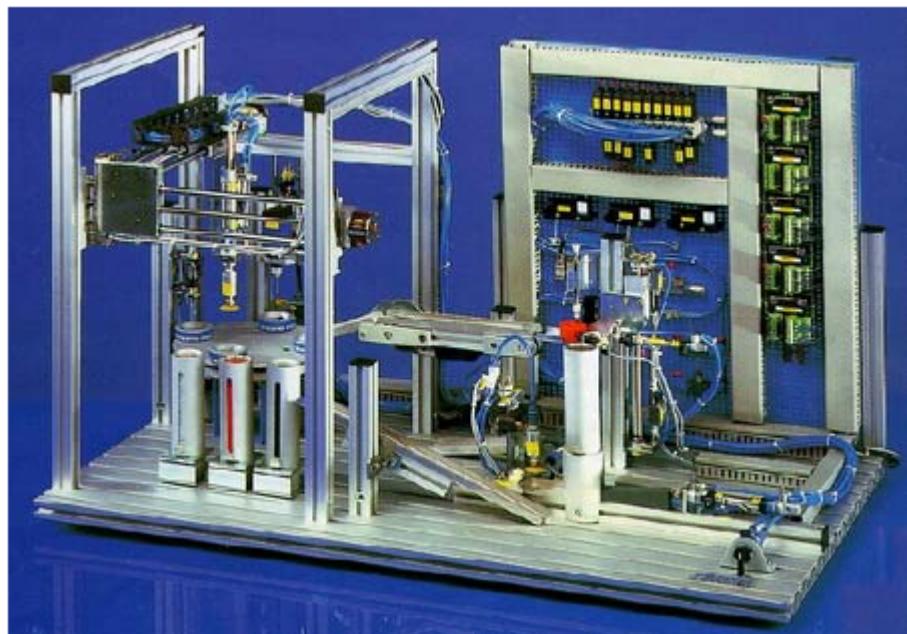
6.1 Παρουσίαση του συστήματος

Εισαγωγή Το πρώτο σύστημα που θα εξετάσουμε αποτελεί μικρογραφία μιας γραμμής παραγωγής (βλπ. σχ. 6.1 και 6.2). Στην παρούσα εργασία θα υποθέσουμε ότι πρόκριται για μία πραγματική και λειτουργική γραμμή παραγωγής η οποία αποτελείται από τέσσερα διακριτά μέρη, τα εξής :

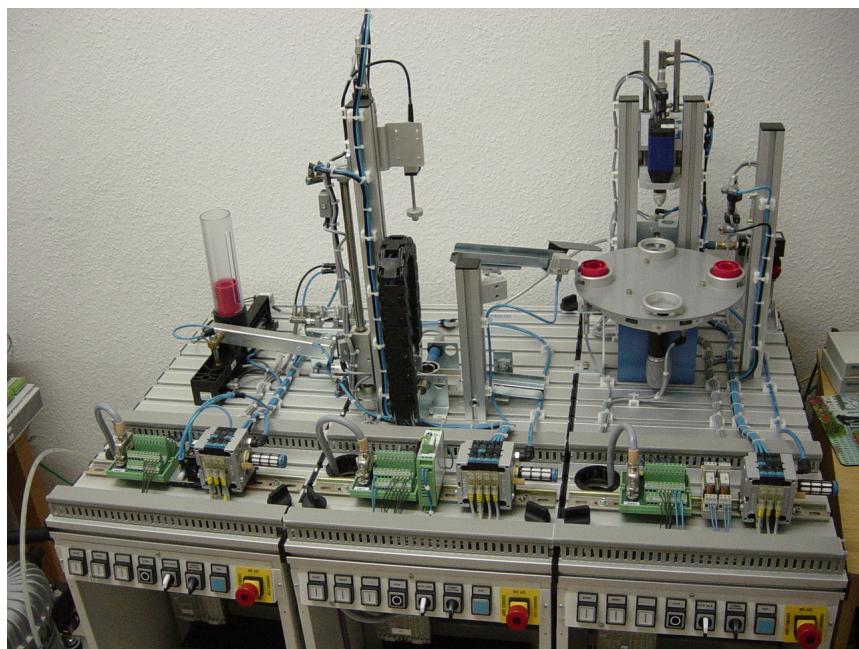
- σταθμό διανομής
- σταθμό ελέγχου
- σταθμό επεξεργασίας και
- σταθμό αποθήκευσης

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 συνδυαζώμενα μεταξύ τους αποδίδουν πληθώρα βιομηχανικών διεργασιών και συστημάτων παραγωγής. Ένα τέτοιο σύστημα

¹<http://www.festo-didactic.com>



Σχήμα 6.1: Το πλήρες σύστημα Festo MPS®



Σχήμα 6.2: Το σύστημα Festo MPS® χωρίς τον τελικό σταθμό αποθήκευσης [15]

Κεφάλαιο 6

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, επαγωγική, 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 6.3: Οι πρώτες ύλες της γραμμής παραγωγής

Παραγωγική διαδικασία Η παραγωγική διαδικασία που αναπαριστάμε έχει ως βάση τις κυλινδρικά τεμάχια διάφορων χρωμάτων, υλικών και ύψους. Τα τεμάχια αυτά είναι αποθηκευμένα σε μία στοίβα στο σταθμό διανομής (βλπ ενότ. 6.1.1). Με τη βοήθεια ενός βραχίονα μεταφέρονται στο σταθμό ελέγχου (βλπ ενότ. 6.1.2) 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. 6.1.3). Στο σταθμό αυτό δημιουργείται μία οπή στο κέντρο των κυλίνδρων. Στη συνέχεια

ελέγχεται αν η η διάτροπη ήταν επιτυχής και εν τέλει αποθηκεύονται στο σταθμό αποθήκευσης (βλπ ενότ. 6.1.4) σε μία από τρεις στοίβες ανάλογα με το χρώμα και το υλικό τους. [2]

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

6.1.1 Σταθμός διανομής [6] [1] [2]

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 :

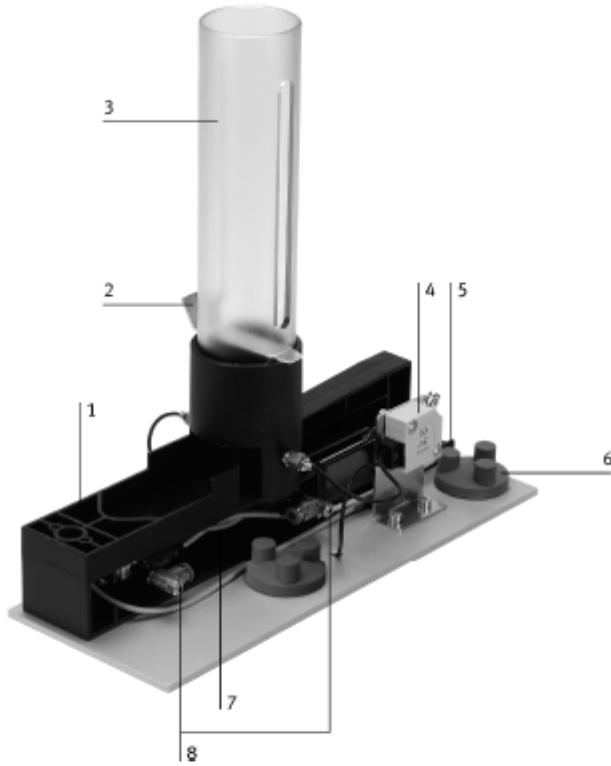
- στοίβα αποθήκευσης (βλπ. σχ.6.5)
- μονάδα μεταφοράς (βλπ. σχ.6.6)
- βάση εγκατάστασης
- συσκευή ελέγχου
- πλακέτα plc

Ο σταθμός διανομής διαχωρίζει τα κυλινδρικά τεμάχια από τη στοίβα αποθήκευσης ή 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 6

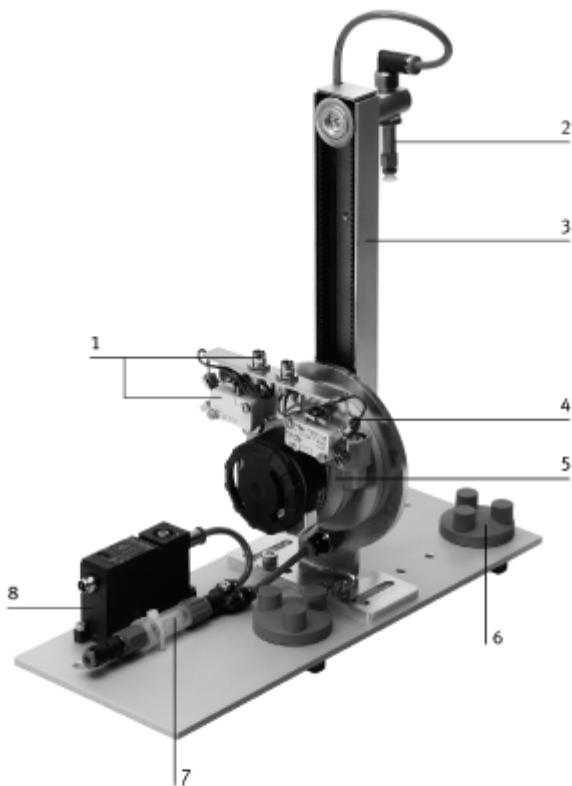


Σχήμα 6.4: Ο σταθμός διανομής [8]



- 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 6.5: Η στοίβα αποθήκευσης [10]



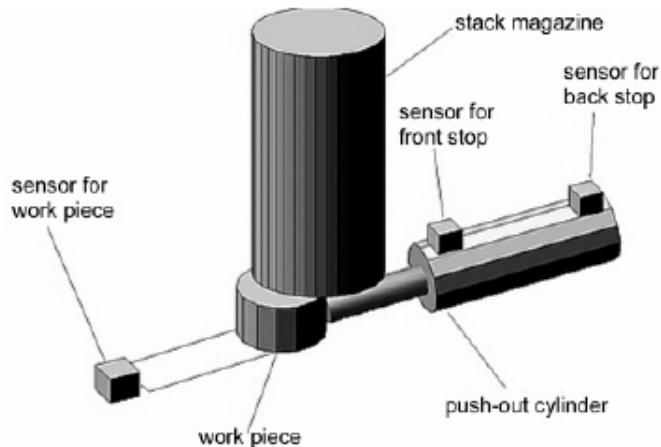
- 1 Microswitch with 3-pin M8 plug
- 2 Vacuum suction cup
- 3 Swivel arm
- 4 One-way flow control valves
- 5 Swivel drive
- 6 Mounting components with snap-in system
- 7 Vacuum filter
- 8 Pressure switch with 4-pin M8 plug

Σχήμα 6.6: Η μονάδα μεταφοράς [5]

Κεφάλαιο 6

Στοίβα αποθήκευσης βλπ. σχ. 6.7 και 6.5 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.

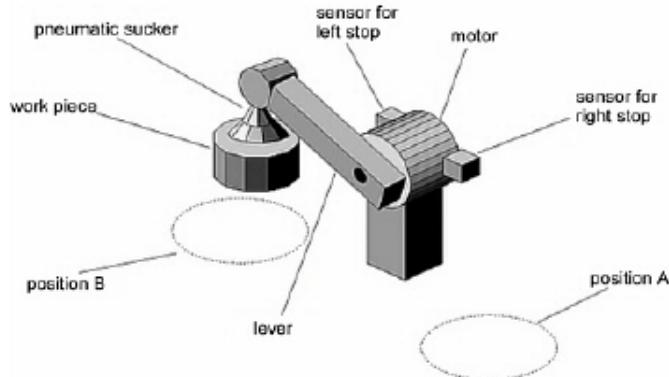
Η διαθεσιμότητα των τεμαχίων μέσα στη στοίβα διαπιστώνεται μέσω ενός φωτοκυττάρου τοποθετούμενο στο κάτω μέρος αυτής. Η θέση του εμβόλου διαπιστώνεται μαγνητικά μέσω δύο επαγωγικών αισθητήρων -ο ένας αισθητήρας τοποθετείται στο πίσω μέρος και ο άλλος στο μπροστινό. Η ταχύτητα εκτόνωσης και επαναφοράς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



Σχήμα 6.7: Γραφική απεικόνιση της στοίβας αποθήκευσης [1]

Μονάδα μεταφοράς βλπ. σχ. 6.8 και 6.5 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 6.8: Γραφική απεικόνιση της μονάδας μεταφοράς [1]

Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 6.1:

Πίνακας 6.1: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού διανομής [6]

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 6.1

- | | |
|---|--|
| 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 6.1

6.1.2 Σταθμός ελέγχου [11] [1] [2]

Εισαγωγή Ο σταθμός ελέγχου αναλαμβάνει να διαπιστώσει αν το τεμάχιο που παρέλαβε από το σταθμό διανομής βλπ. ενοτ.6.1.1 είναι κατάλληλο επεξεργασίας από τον επόμενο σταθμό -σταθμός επεξεργασίας βλπ. ενοτ.6.1.3. Συγκεκριμένα πρέπει να αναγνωρίσει το υλικό κατασκευής των κυλίνδρων, να ελέγχει 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 διαπιστώνει 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 6.9: Ο σταθμός ελέγχου [8]

Μονάδα αναγνώρισης βλπ. σχ. 6.10 Η μονάδα αυτή αποτελείται από 2 αισθητήρες προσέγγισης με ψηφιακή έξοδο, έναν χωροπικό και έναν οπτικό. Ο χωροπικός 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. 6.11 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 εξαιρετική ακρίβεια και των απορριφθέντων τεμαχίων στην

Κεφάλαιο 6

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.

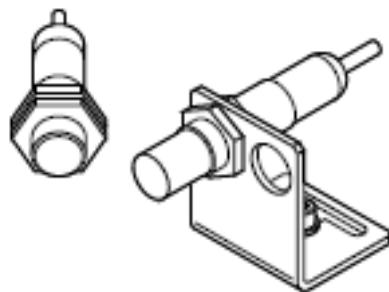
Μονάδα μέτρησης βλπ. σχ. 6.13 και 6.12 Αποτελείται από ένα αναλογικό αισθητήρα για τη μέτρηση του ύψους των τεμαχίων. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται σε έναν γραμμικό ποτενσιόμετρο και ένα διαιρέτη τάσης. Η αναλογική μέτρηση μπορεί να μετατραπεί σε ψηφιακή μέσω ενός τελεστή ή να τροφοδοτηθεί σε μία plc 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.

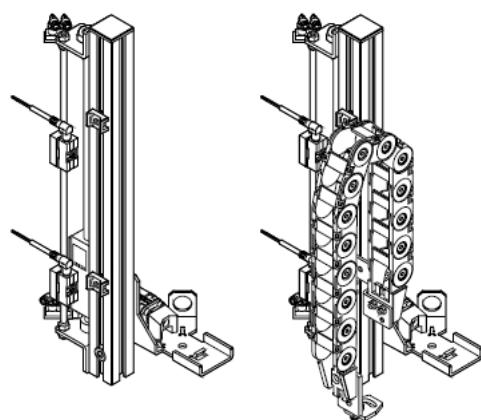
Μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα βλπ. σχ. 6.14 και 6.15 Η μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των κυλίνδρων με μέγιστη χωρητικότητα πέντε (5). Η εξομάλυνση από τον αέρα μειώνει την τριβή μεταξύ των τεμαχίων και της πλατφόρμας. Η γωνία κλίσης της πλατφόρμας είναι ρυθμιζόμενη. 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. 6.16 Η μονάδα κύλισης χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των κυλίνδρων. Τέσσερα (4) στο σύνολο μπορούν να τοποθετηθούν στην πλατφόρμα. Η γωνία κλίσης είναι ρυθμιζόμενη.

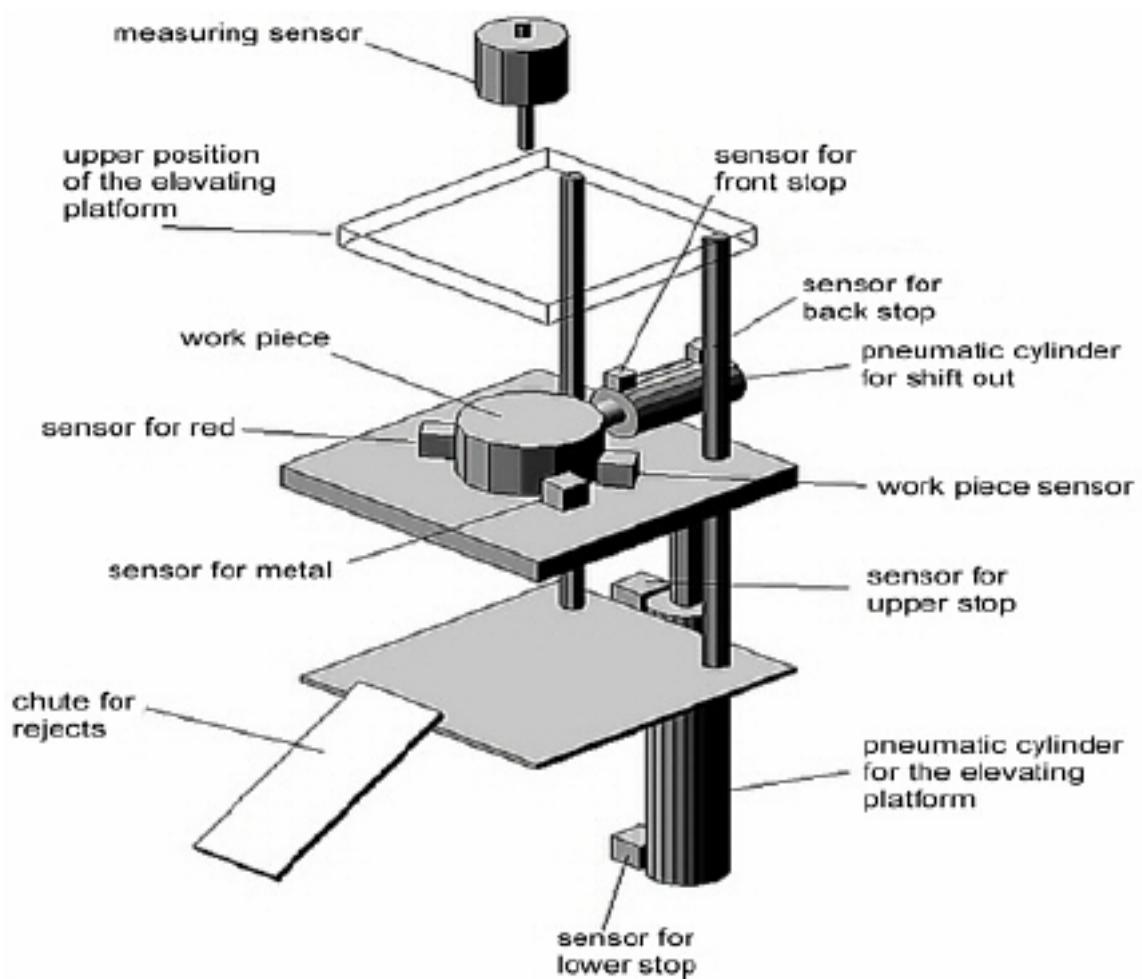
Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 6.2:



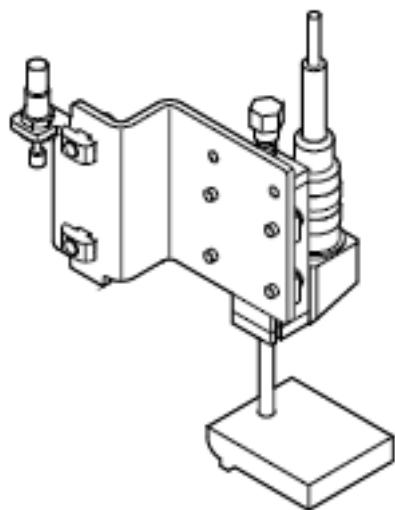
Σχήμα 6.10: Η μονάδα αναγνώρισης [11]



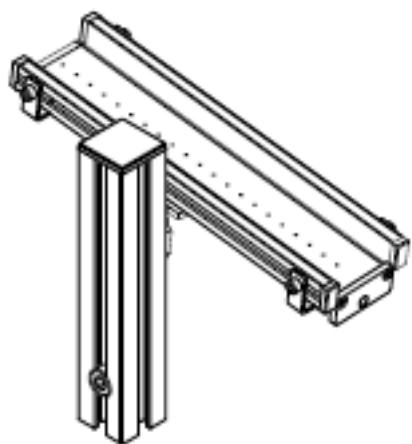
Σχήμα 6.11: Η μονάδα ανύψωσης [11] (στη δεύτερη εικόνα εμφανίζεται ο οδηγός καλωδίων στον οποίο τοποθετούνται τα ηλεκτρικά καλώδια και οι σωλήνες μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα)



Σχήμα 6.12: Σχηματική απεικόνιση της μονάδας μέτρησης [1]

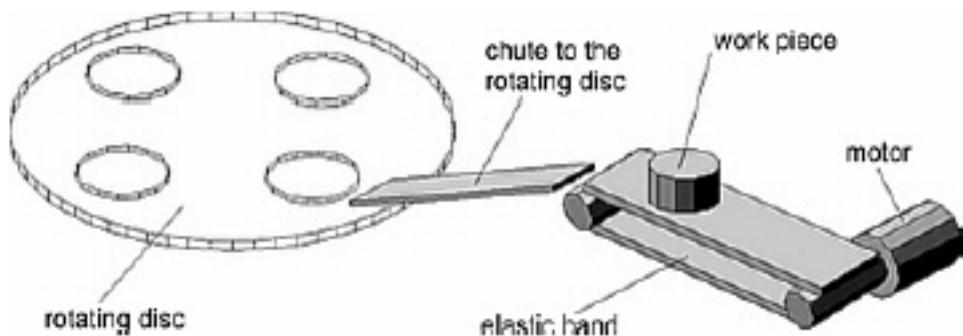


Σχήμα 6.13: Η μονάδα μέτρησης [11]

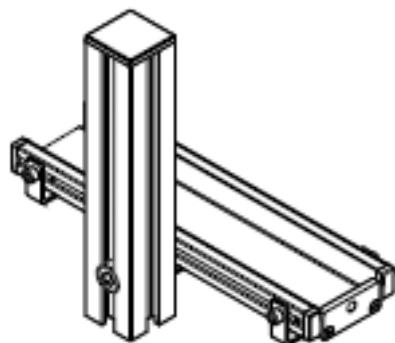


Σχήμα 6.14: Η μονάδα κύλισης με εξομάλυνση αέρα [11]

Κεφάλαιο 6



Σχήμα 6.15: Σχηματική απεικόνιση της μονάδας κύλισης με εξομάλυνση αέρα [1]



Σχήμα 6.16: Η μονάδα κύλισης [11]

Πίνακας 6.2: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού ελέγχου [11]

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
Απενεργοποίηση της πλατφόρμας κύλισης με εξομάλυνση αέρα
- 7 Ο ανελκυστήρας κατέρχεται στην χαμηλή θέση
- 8 Αρχική θέση
- 9 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 6.2

6.1.3 Σταθμός επεξεργασίας [9] [1] [2]

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 6

- 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 οπίς- 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 χωροτικός αισθητήρας προσέγγισης για να διευκρινίζεται αν η θέση είναι πλήρις ή όχι.

Μονάδα διάτροπης (βλπ. σχ. 6.18 και 6.19) 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 υπάντα. 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 κίνηση 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. 6.20 και 6.21) Η μονάδα ελέγχου αποτελεί μία πλεκτρομαγνητική διάταξη. Υπάρχει ένα πινίο το οποίο παραμένει πακτωμένο στο πάνω μέρος του κορμού στήριξης. Όταν το πινίο διαρρέεται από ζεύμα 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 επαγγικοί 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 επαγγικός 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 6.3:

Πίνακας 6.3: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού επεξεργασίας [9]

Προαπαιτήσεις
ο πίνακας συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα

Κεφάλαιο 6

συνέχεια του πίνακα 6.3

-
- 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

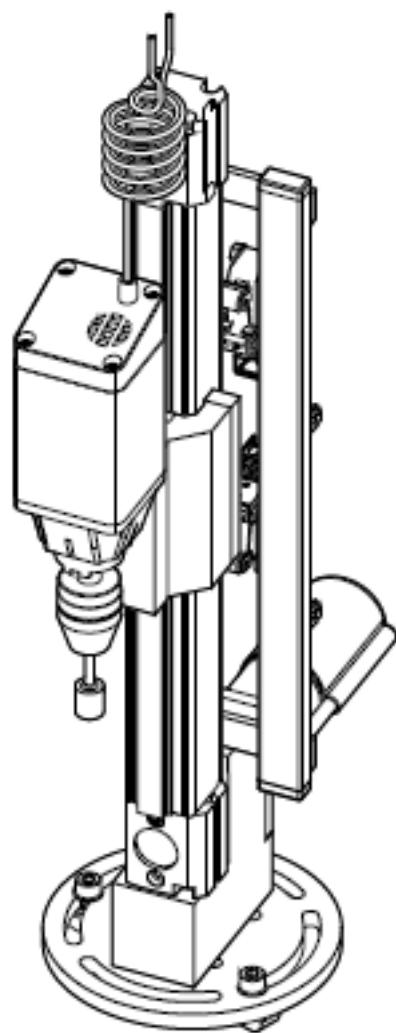
Η ακολουθία αυτή αναφέρεται στην περίπτωση που ένα μόνο τεμάχιο βρίσκεται σε όλο τον περιστρεφόμενο δίσκο.

- 1 Ο δίσκος περιστρέφεται κατά 90° εάν ανιχνευθεί τεμάχιο στη θέση υποδοχής, και το πλίκτρο 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 ανώτερη 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.
-

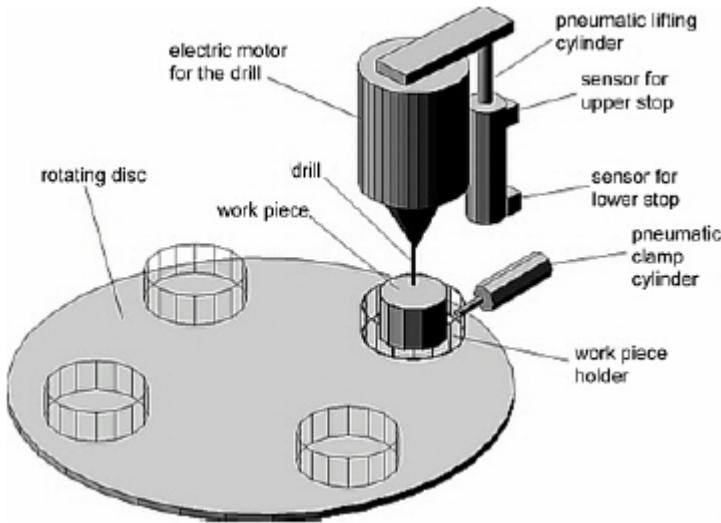
ολοκληρώθηκε ο πίνακας 6.3



Σχήμα 6.17: Ο σταθμός επεξεργασίας [8]



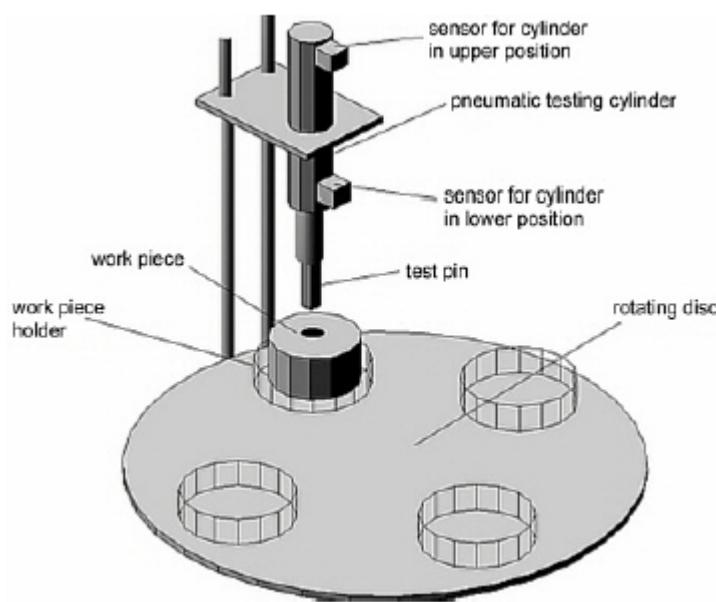
Σχήμα 6.18: Η μονάδα διάτροσης [9]



Σχήμα 6.19: Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας διάτροσης [1] Παρατηρείται ότι το τρυπάνι κινείται με τη βούθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με ηλεκτρικό κινητήρα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάτοξη όπως αυτή τεκμηριώνεται στο [9]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα



Σχήμα 6.20: 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 6.21: Σχηματική αναπαράσταση της μονάδας ελέγχου [1] Παρατηρείται ότι η ακίδα κινείται με τη βούθεια πνευματικού κυλίνδρου και όχι με πλεκτρομαγνητική διάταξη όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη όπως αυτή τεκμηριώνεται στο [9]. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα

6.1.4 Σταθμός αποθήκευσης [7] [1] [2]

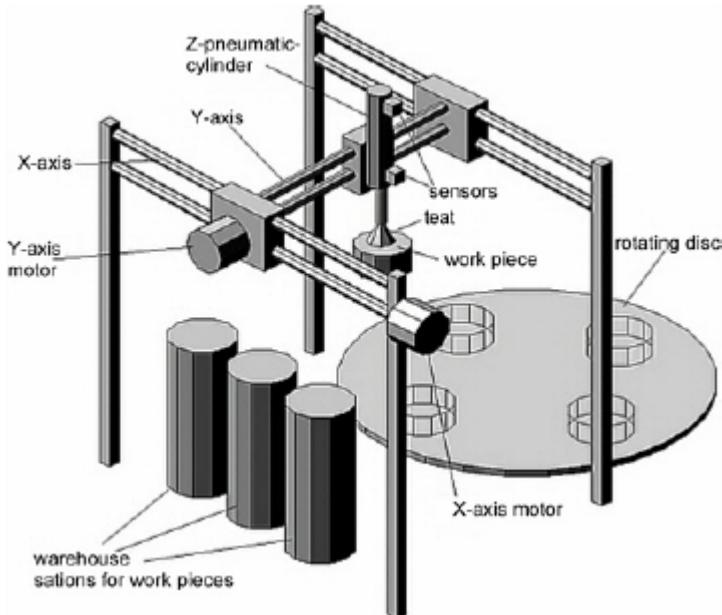
Εισαγωγή Ο σταθμός αποθήκευσης αναλαμβάνει να μεταφέρει τα κυλινδρικά τεμάχια από τον περιστρεφόμενο δίσκο στις στοίβες αποθήκευσης. Αποτελείται από τα εξαρτήματα :

- 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 ασημί χρώματος τότε εναποτίθεται στην δεύτερη (μεσαία) στοίβα. Τέλος, αν η οστή 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 ζεύματος. 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 επιπλέον 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 6.22 χωροπικότητας οχτώ (8) τεμαχίων η καθεμία.



Σχήμα 6.22: Ο σταθμός αποθήκευσης [1] Παρατηρείται ότι η διάταξη μεταφοράς περιλαμβάνει βεντούζα και όχι δαγκάνα όπως αναφέρεται στο κείμενο. Καταγράφαμε την διάταξη ως συνδυασμό των [FestoMPSHandlingStayionManual] και [1] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα



Σχήμα 6.23: Ο σταθμός αποθήκευσης [8] 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 [FestoMPSHandlingStayionManual] και [1] με σκοπό την χρησιμοποίηση εξαρτημάτων από ποικίλα επιστημονικά πεδία. Η εικόνα παρατίθεται μόνο για να βοηθήσει να οπτικοποιηθεί το εν λόγω σύστημα

Κεφάλαιο 6

Ανάλυση λειτουργίας Λεπτομερέστερα οι προϋποθέσεις για να λειτουργήσει ο σταθμός αυτός και η σειρά με την οποία εκτελούνται οι επιμέρους ενέργειες απαριθμούνται στον πίνακα 6.4:

Πίνακας 6.4: Ανάλυση λειτουργίας του σταθμού αποθήκευσης [7]

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 κόκκινου 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 6.4

- 19 Το έμβολο συμπτύσεται.
20 Η διάταξη μεταφοράς μεταβαίνει στη θέση ηρεμίας.
-
- ολοκληρώθηκε ο πίνακας 6.4

6.2 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 τεχνολογίών 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.

6.2.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model

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

6.2.2 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.

6.2.3 Μοντέλο Υλοποίησης - Implementation Model

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

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 λογισμικούς 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 λειτουργιας. Το σύστημα αυτό έχει μοντελοποιηθεί 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 (βλpt. 6.3)

6.2.4 Μοντέλο Συστήματος Ελέγχου

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

Πίνακας 6.5: 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 6.5

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

Σταθμός ελέγχου

Ανελκυστήρας

Αισθητήρες	Αισθητήρας άνω θέσης του ανελκυστήρα Αισθητήρας χαμηλής θέσης του ανελκυστήρα Αισθητήρας διάχυσης
Ενεργοποιητές	Αισθητήρας χωρητικός 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 χωρητικός θέσης υποδοχής Αισθητήρας χωρητικός θέσης διάτροπης Αισθητήρας χωρητικός 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 6

συνέχεια του πίνακα 6.5

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

Αισθητήρες Αισθητήρας διάχυσης
Αισθητήρας 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 6.5

6.3 Έλεγχος του συστήματος ελέγχου του Festo MPS

Για τον έξακριβωση 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/>

*Πρώτο πεδίο εφαρμογής :
MPS®System*

σε διαφορετικά συστήματα του ίδιου δικτύου.

Κεφάλαιο 7

Δεύτερο πεδίο εφαρμογής :
Takos System

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

8.1 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. [25]
- Modelling the structure of the PTME system using block definition diagrams and internal block diagrams was straight forward and consumed relative little time. [25]
- 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. [25]
- 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. [25]
- 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. [25]

- Traceability of Requirements, Specification for Sub-Systems, Verification and Validation (If the interfaces to the sub-systems and the delivered data are specified, the SysML model can be used to check whether this is enough to fulfill 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 wellsuited approach for interdisciplinary systems development.).[14].

Κεφάλαιο 9

Συσχετιζόμενες εργασίες

9.1 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. [20] και [21]

9.2 SoC, SysML and SystemC

Copying from [22] : 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.

9.3 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.

Κεφάλαιο 10

Προοπτικές

Παραρτήματα

Παράρτημα Α'

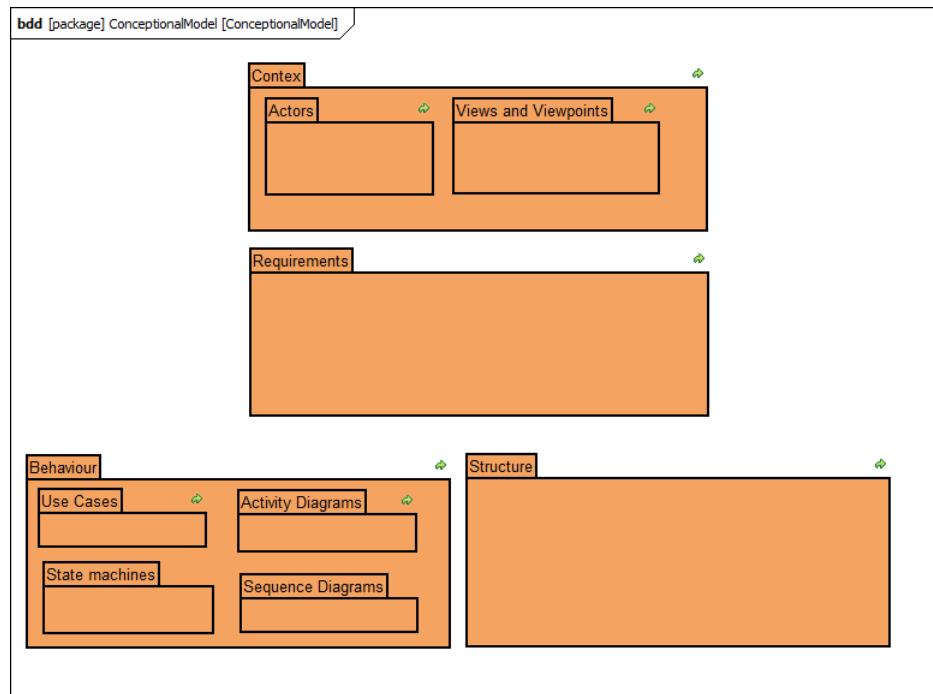
Festo MPS®System

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.

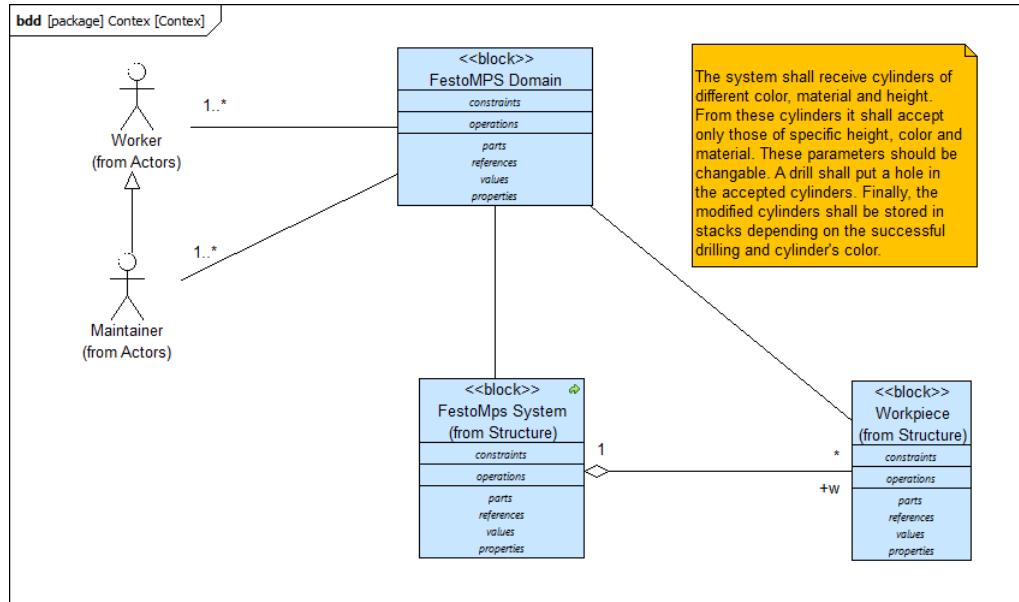
A'.1 Μοντέλο Σύλληψης - Conception Model

A'.1.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Context

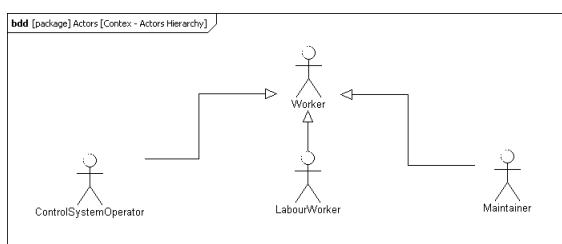
Κεφάλαιο A'



Σχήμα A'.1: Η δομή του μοντέλου Σύλληψης

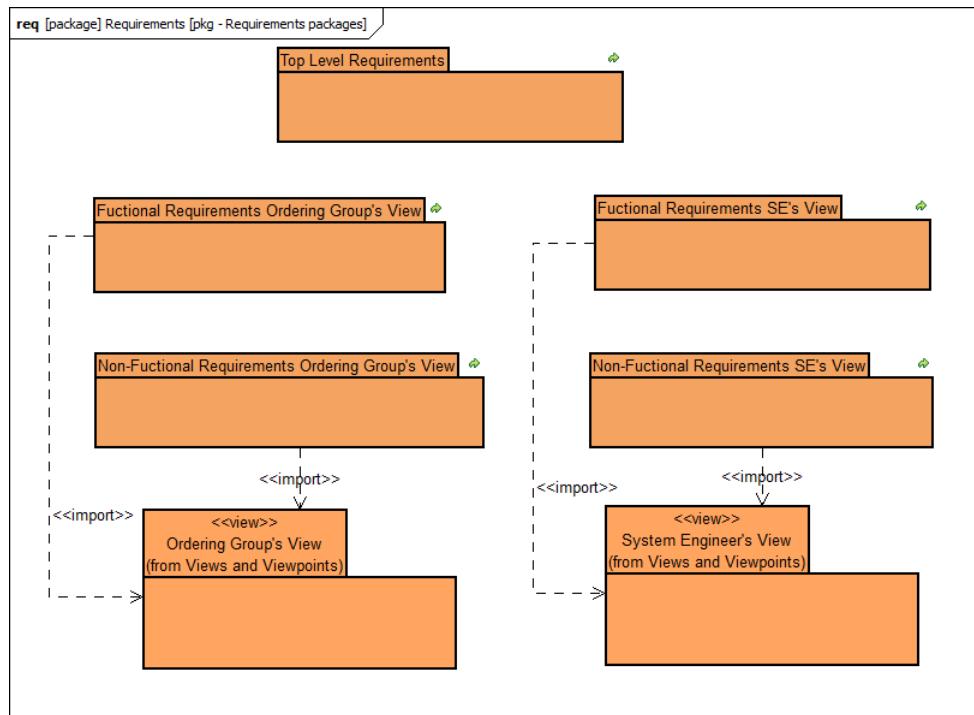


Σχήμα Α'.2: Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Σύλληψης



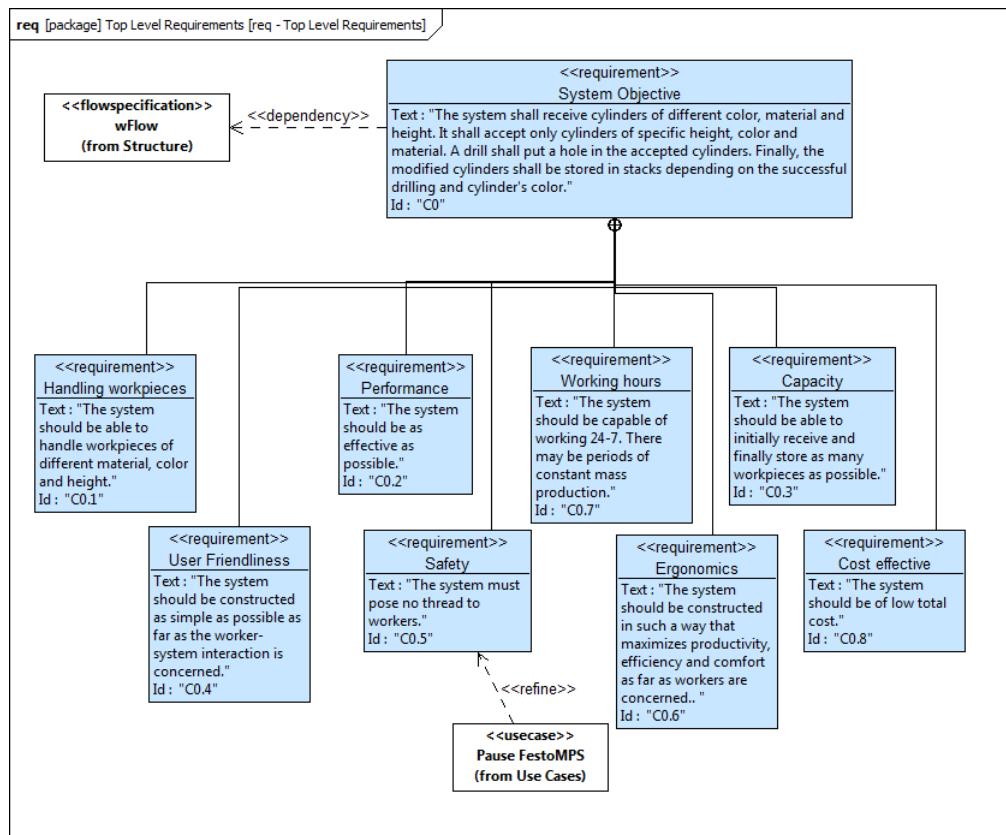
Σχήμα Α'.3: Οι ρόλοι του μοντέλου Σύλληψης

A'.1.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package

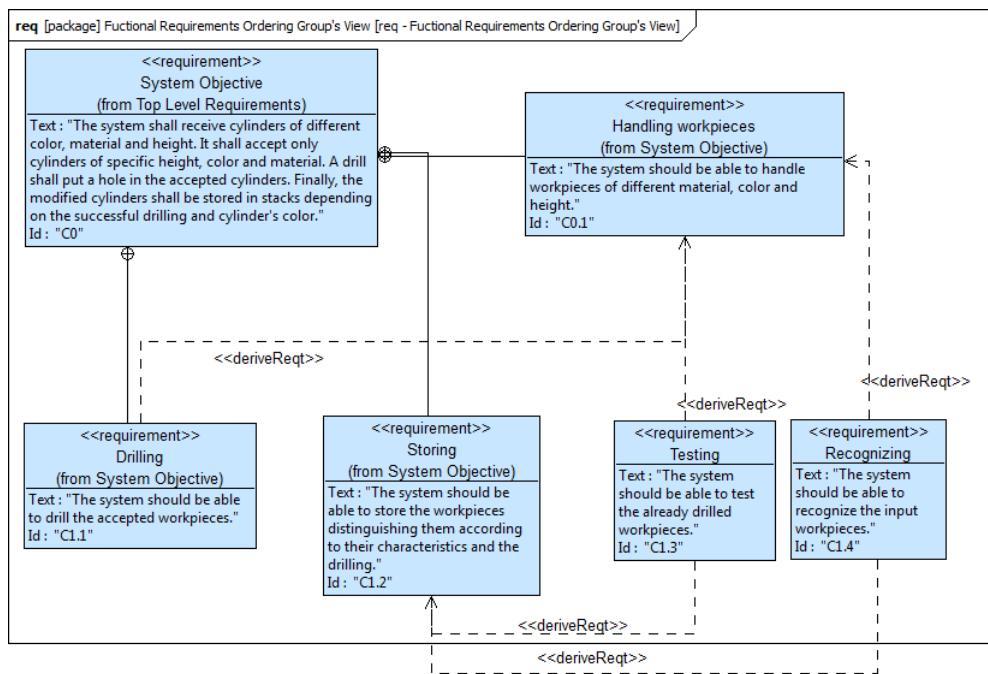


Σχήμα A.4: Η οργάνωση των απαιτήσεων στο μοντέλο Σύλλογης

Κεφάλαιο Α'

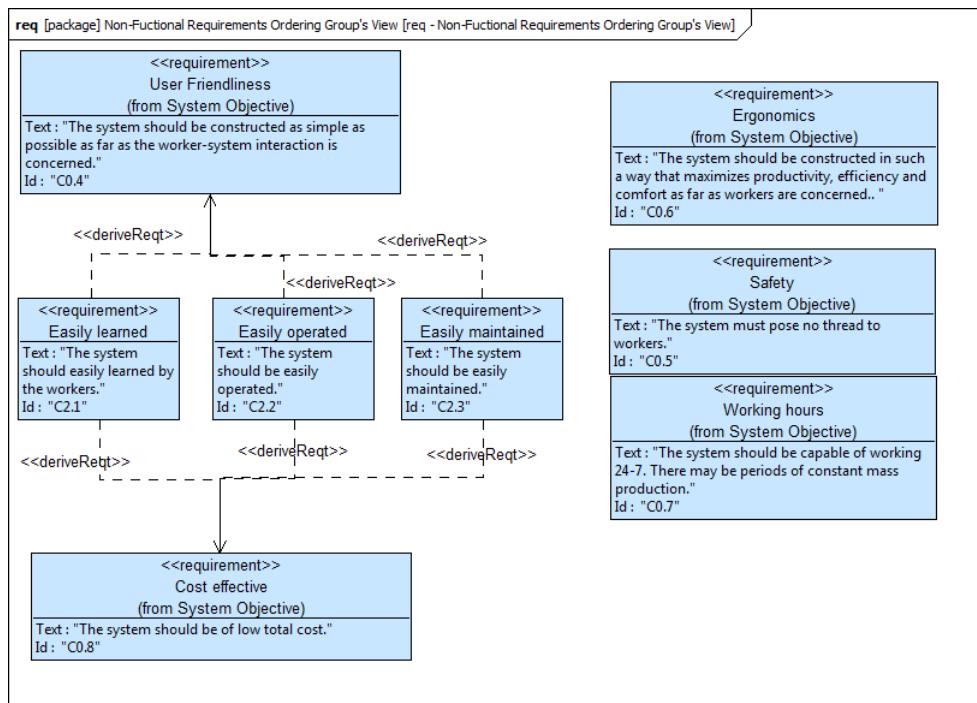


Σχήμα Α'.5: Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Σύλληψης

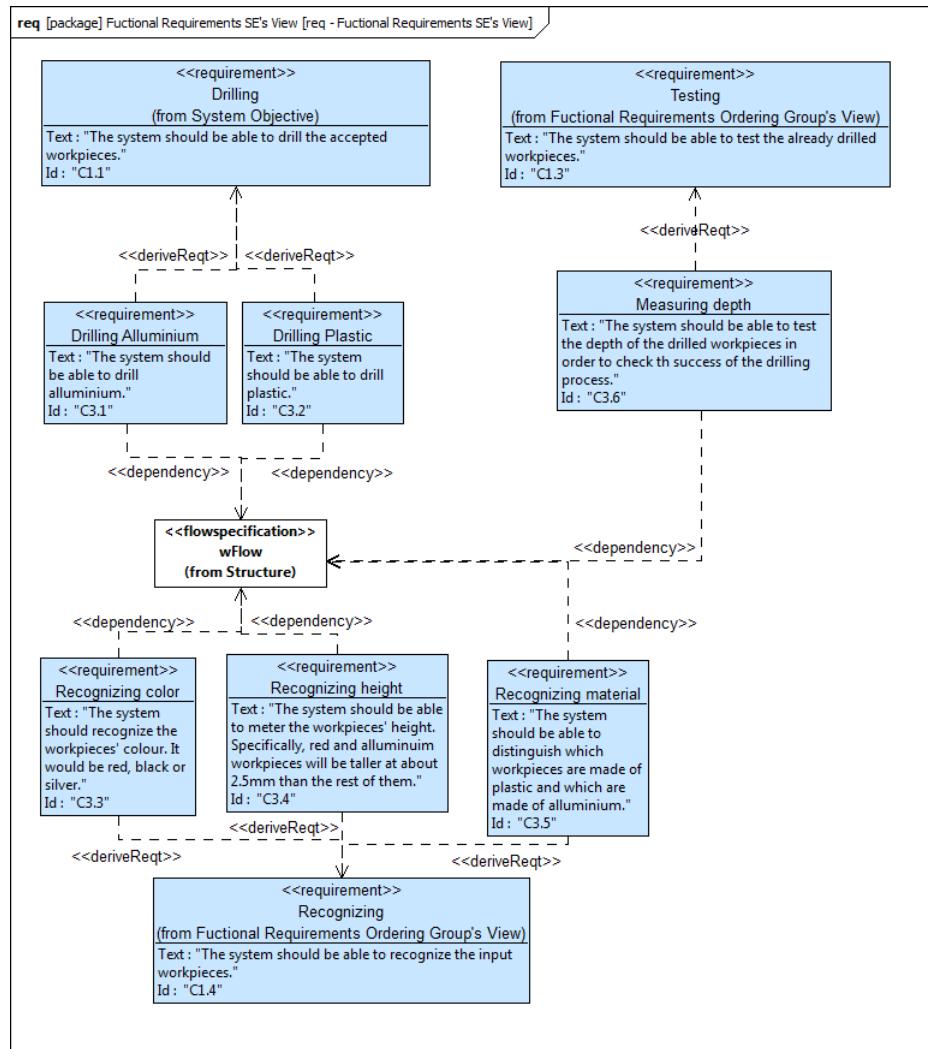


Σχήμα Α'.6: Οι λειτουργικές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλλογης

Κεφάλαιο A'

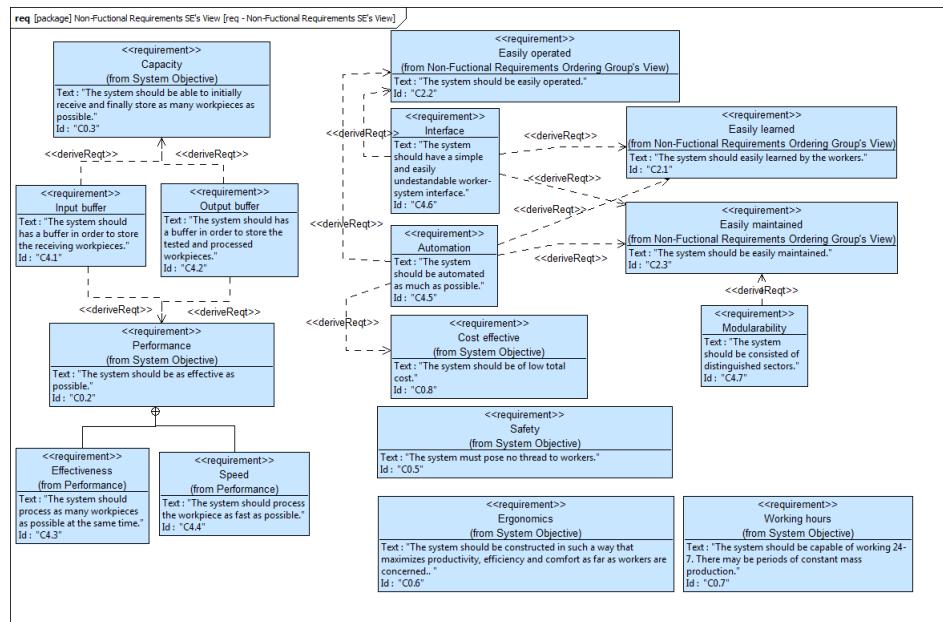


Σχήμα A'.7: Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Σύλλογης



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

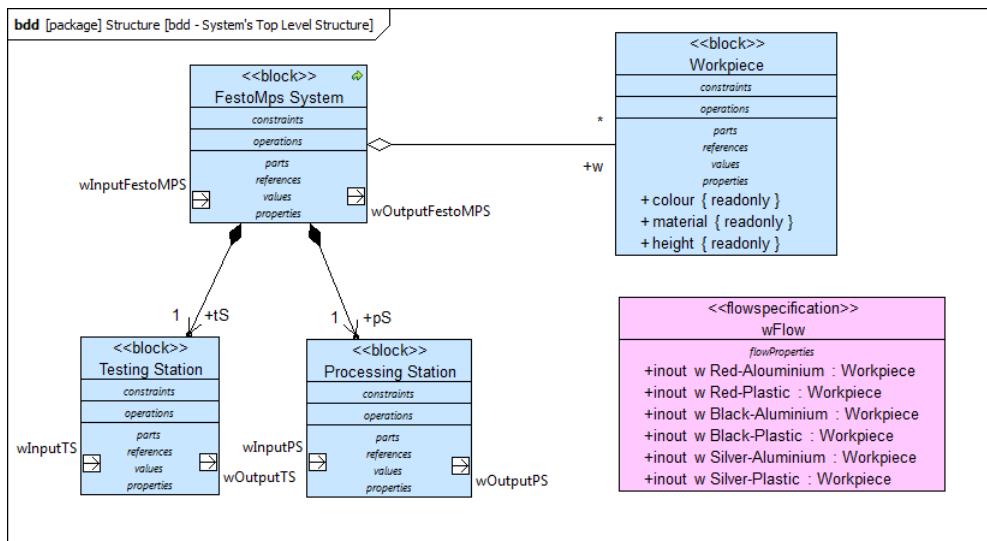
Κεφάλαιο Α'



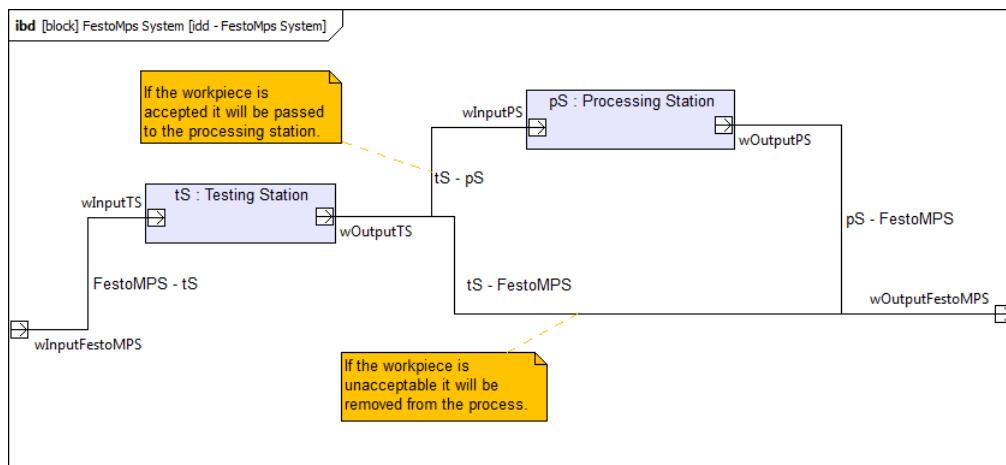
Σχήμα Α'.9: Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Σύλληψης

A'.1.3 Πακέτο δομής - Structure package

Κεφάλαιο A'

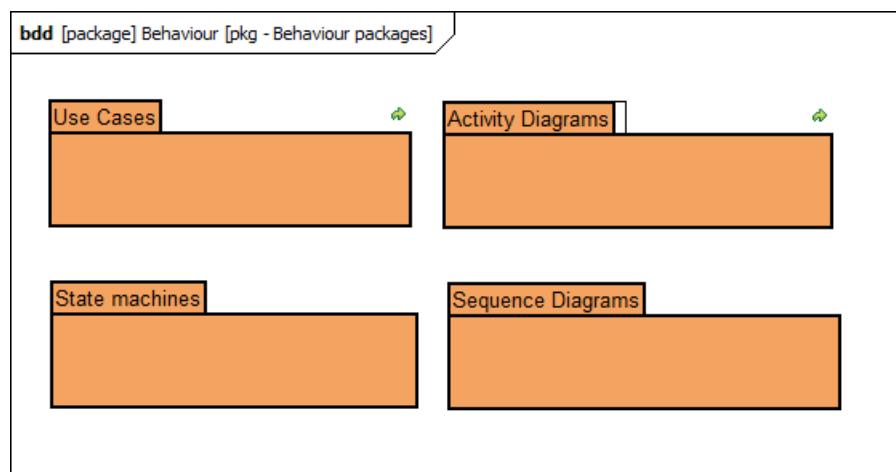


Σχήμα A'.10: Το bdd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

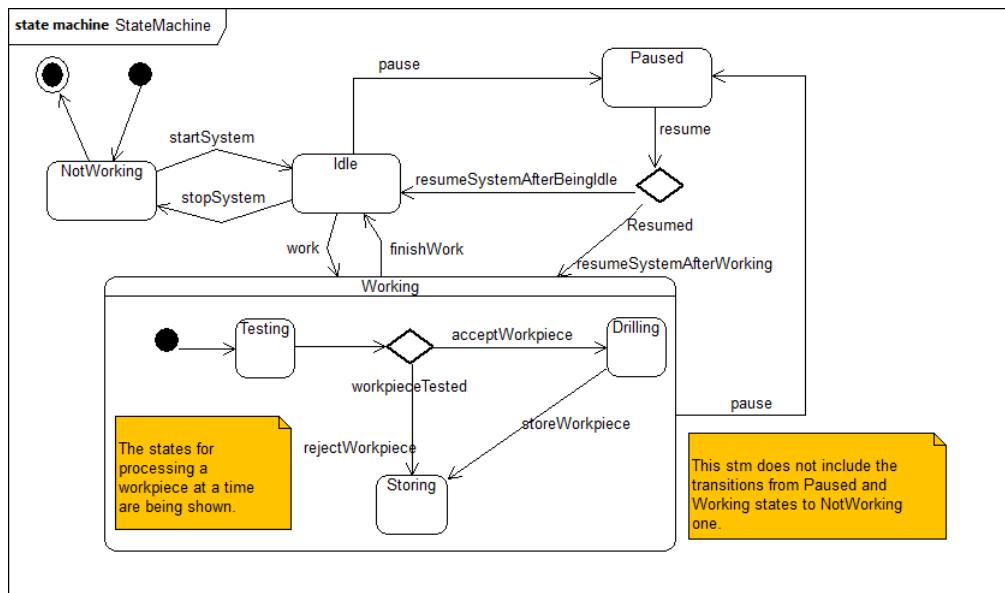


Σχήμα A'.11: Το ibd του συστήματος Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

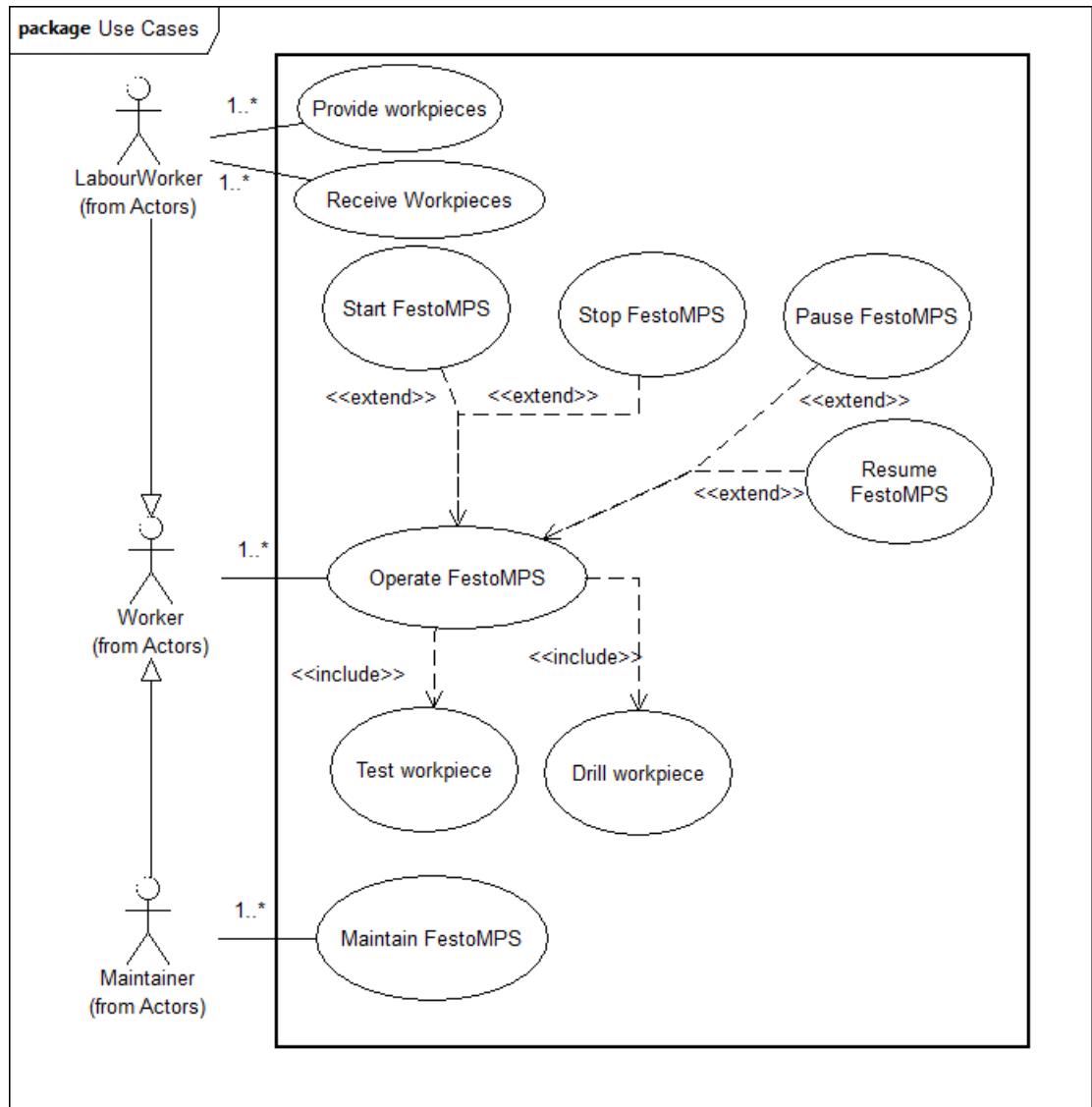
A'.1.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package



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

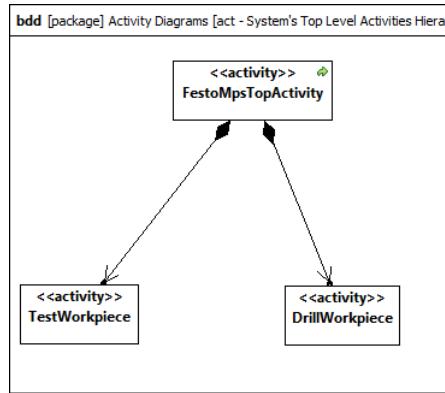


Σχήμα A'.13: Οι καταστάσεις λειτουργίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

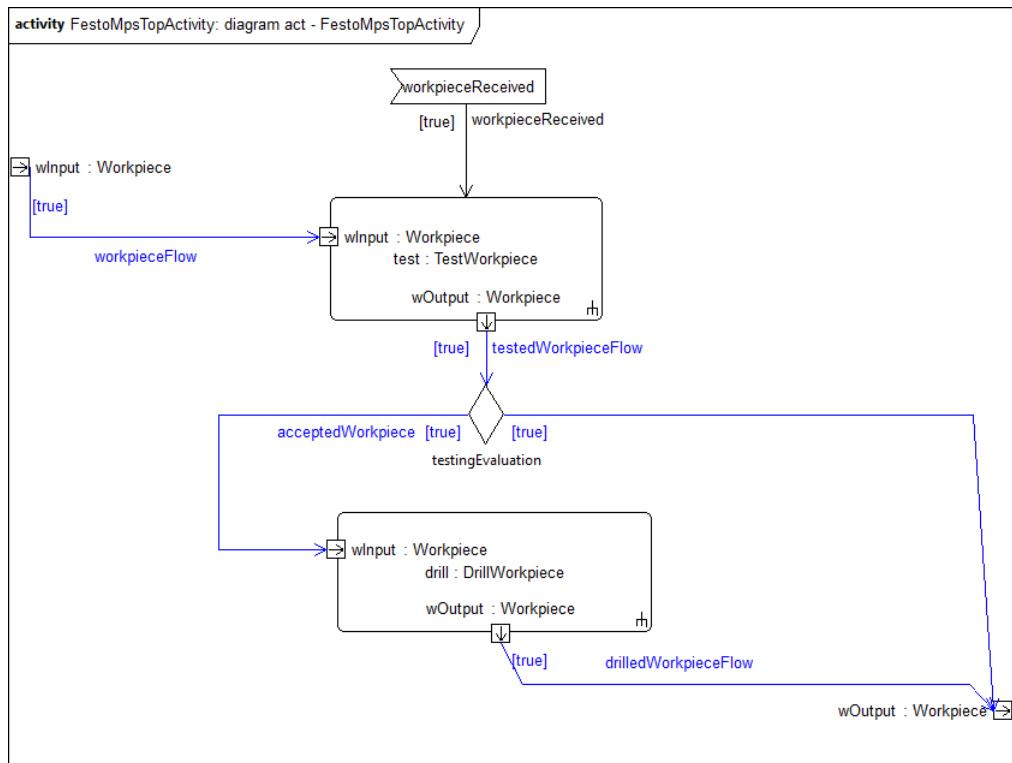


Σχήμα Α'.14: Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

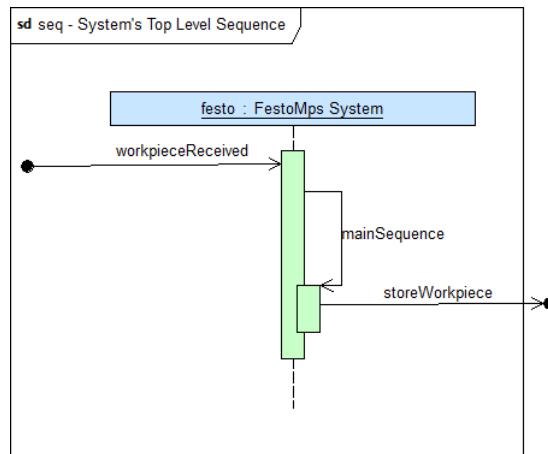
Κεφάλαιο A'



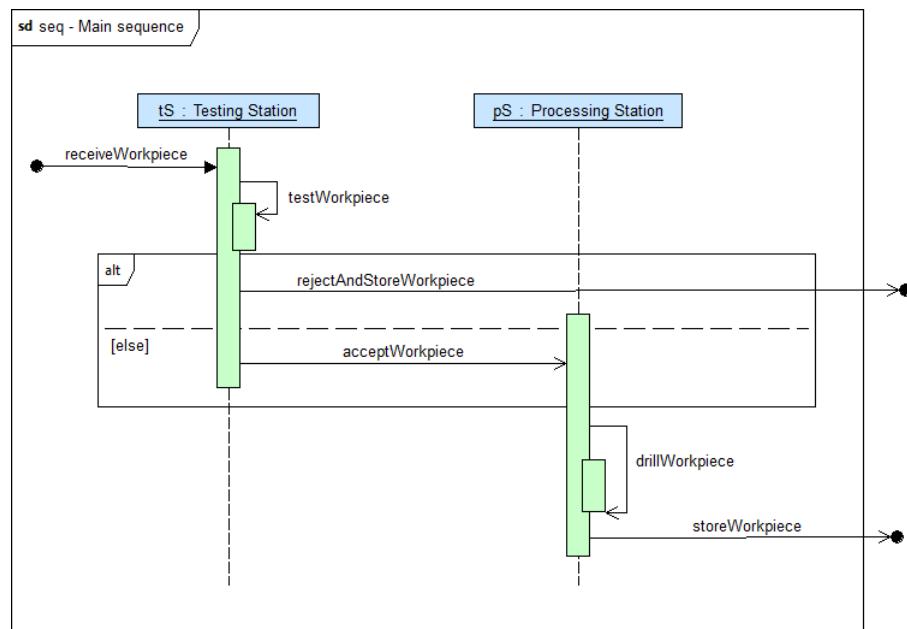
Σχήμα Α'.15: Η οργάνωση των Ενεργειών του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης



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



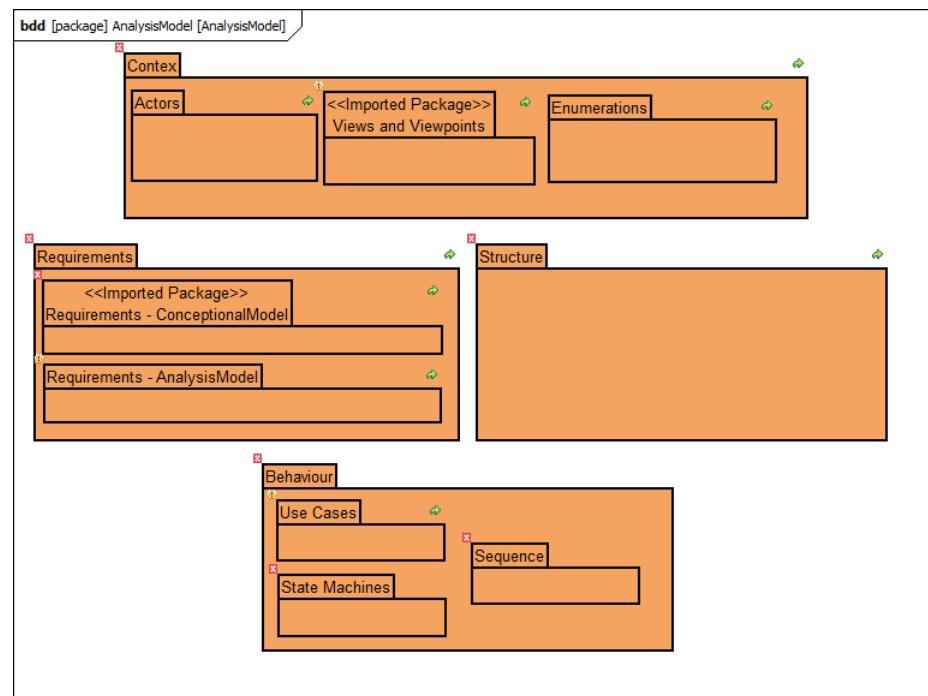
Σχήμα A'.17: Το αφαιρετικό διάγραμμα ακολουθίας του μοντέλου Σύλληψης



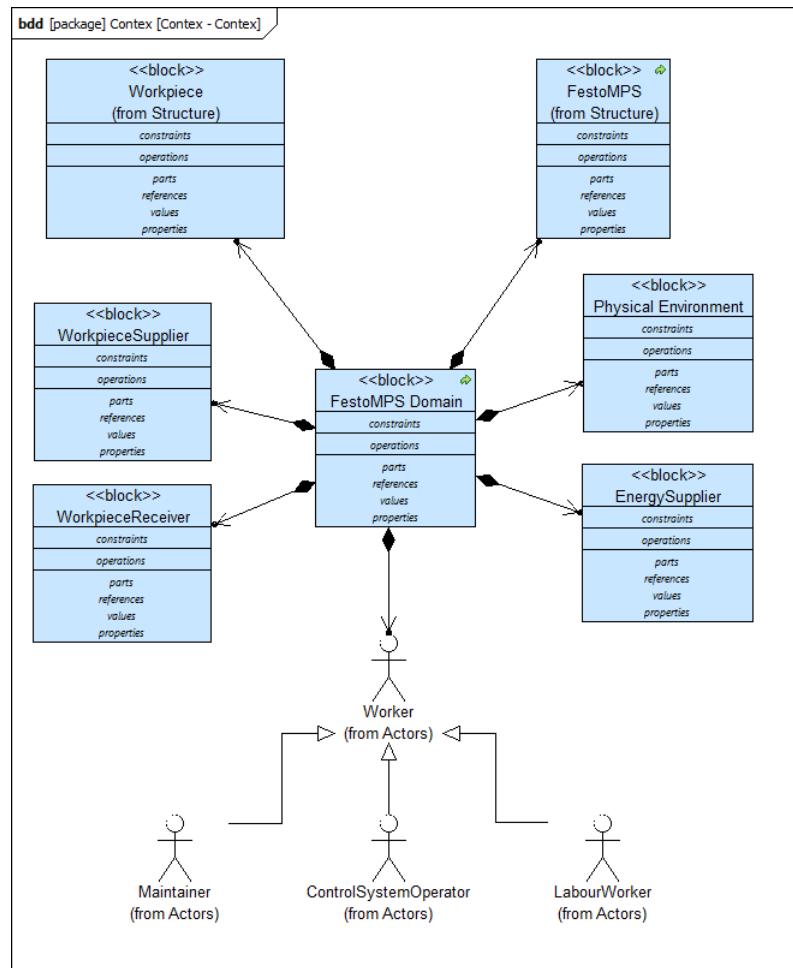
Σχήμα A'.18: Το διάγραμμα της κύριας ακολουθίας του Festo MPS στο μοντέλο Σύλληψης

A'.2 Μοντέλο Ανάλυσης - Analysis Model

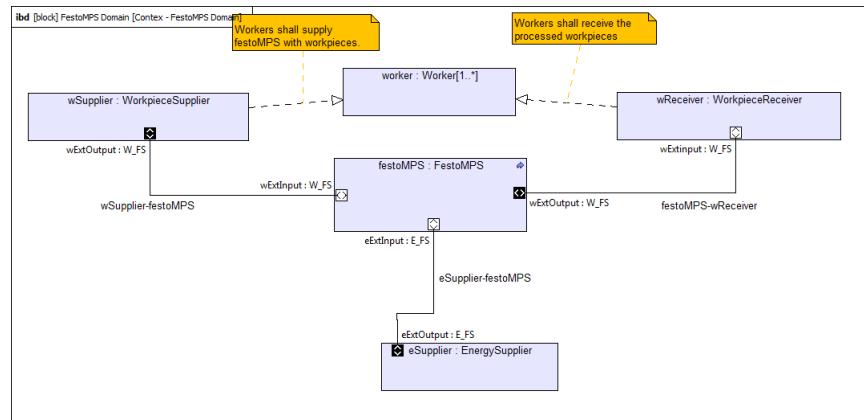
A'.2.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Contex



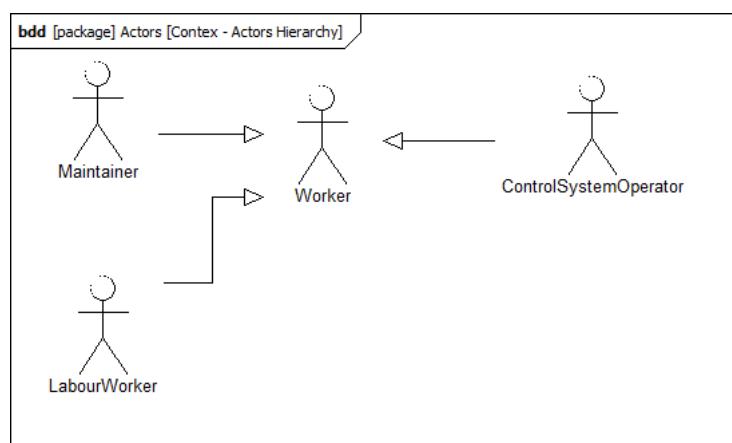
Σχήμα A'.19: Η δομή του μοντέλου Ανάλυσης



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

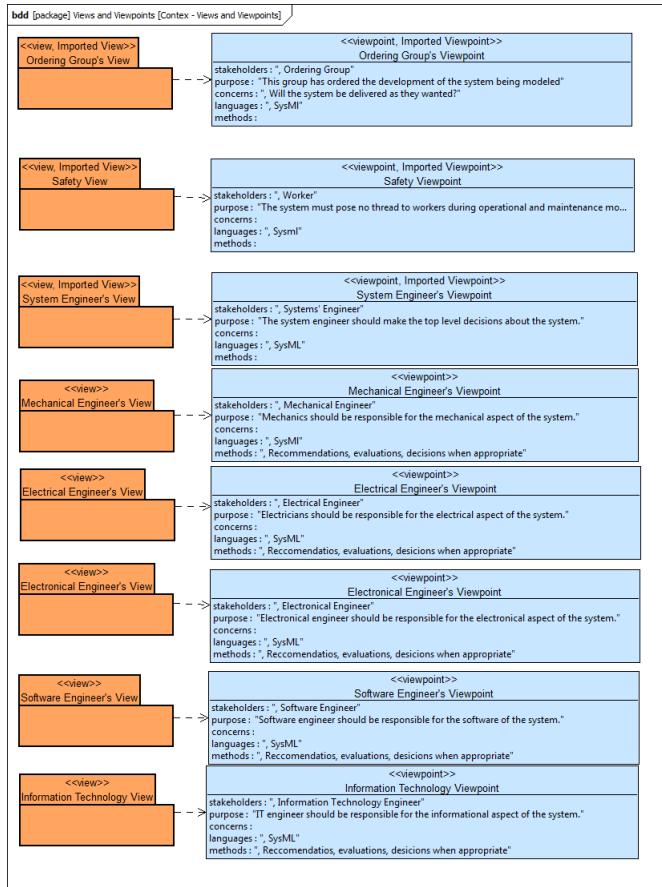


Σχήμα A'.21: Η σχέση του συστήματος με τον χώρο υλοποίησης του στο μοντέλο Ανάλυσης

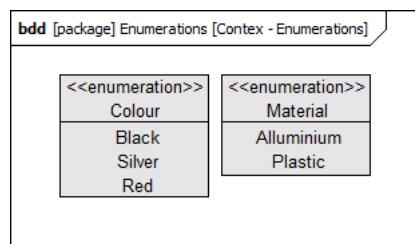


Σχήμα A'.22: Οι ρόλοι του μοντέλου Ανάλυσης

Κεφάλαιο Α'



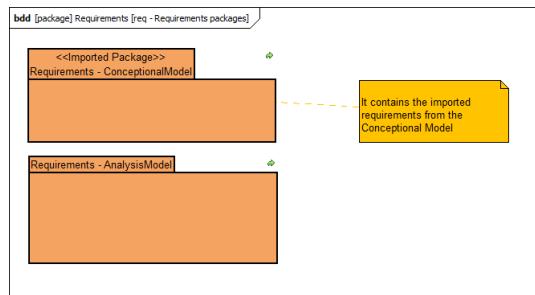
Σχήμα Α'.23: Οι όψεις του μοντέλου Ανάλυσης



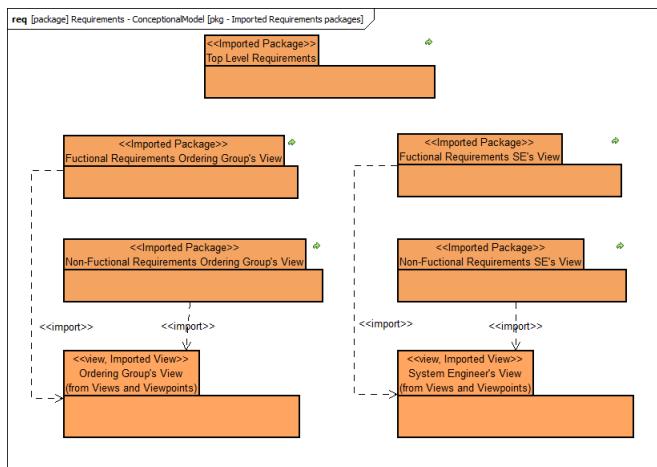
Σχήμα Α'.24: Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Ανάλυσης

A'.2.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package

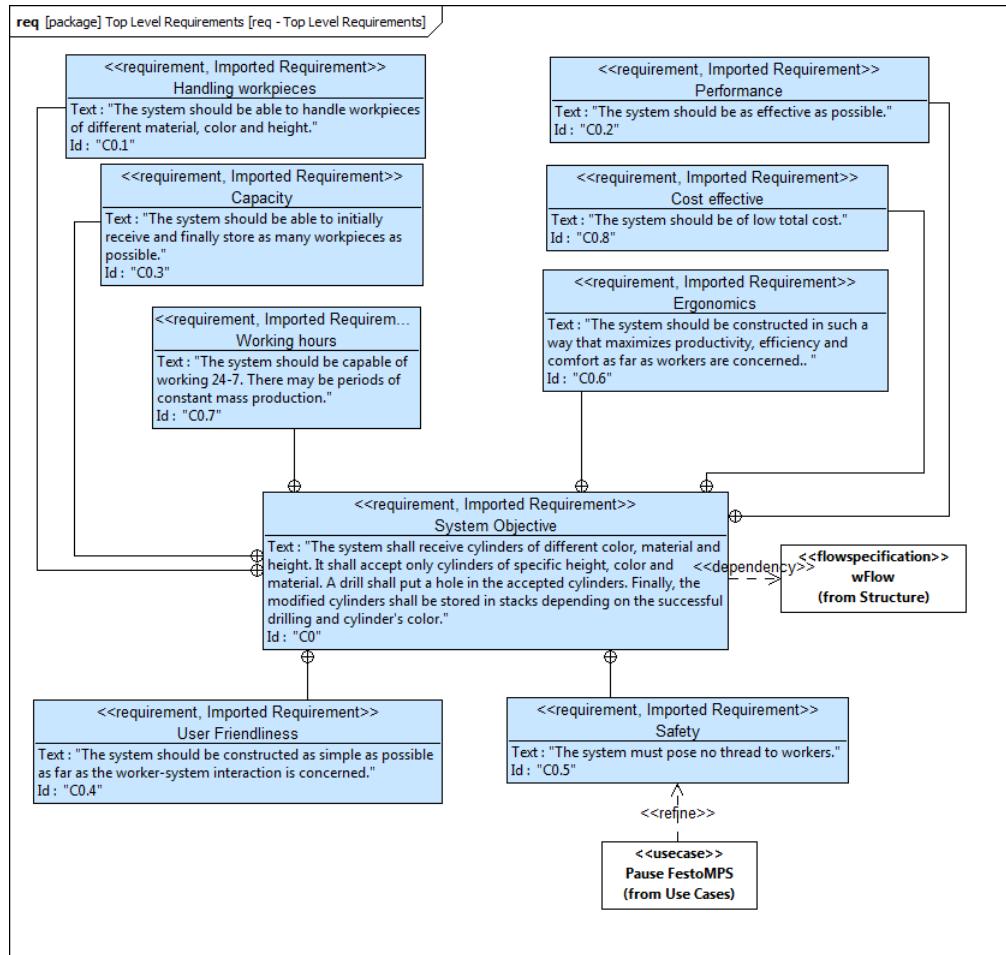
Κεφάλαιο A'



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

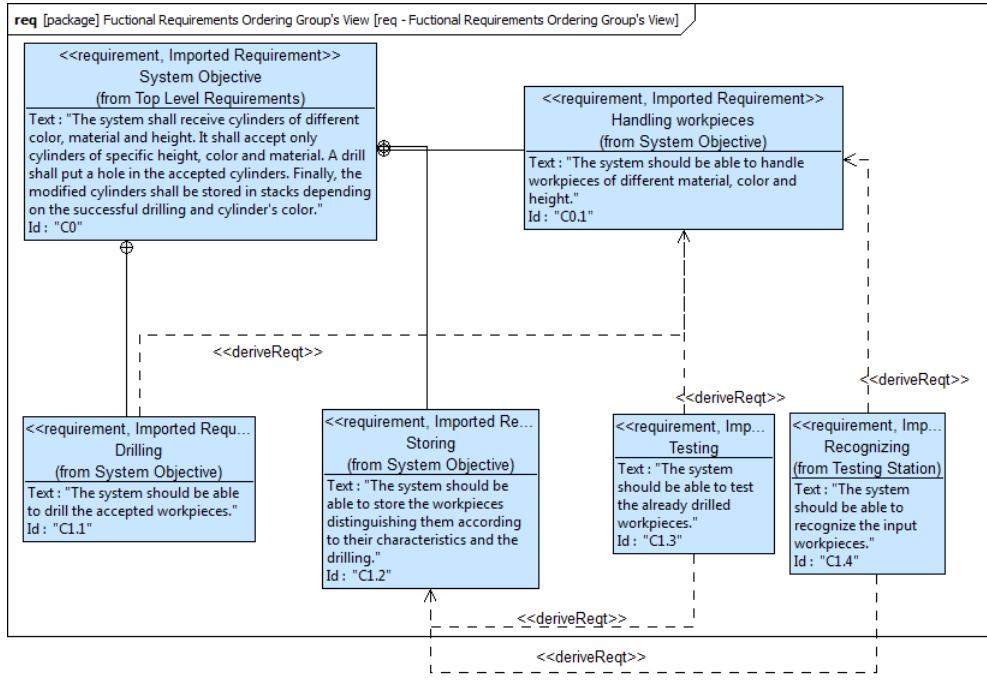


Σχήμα A'.26: Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης

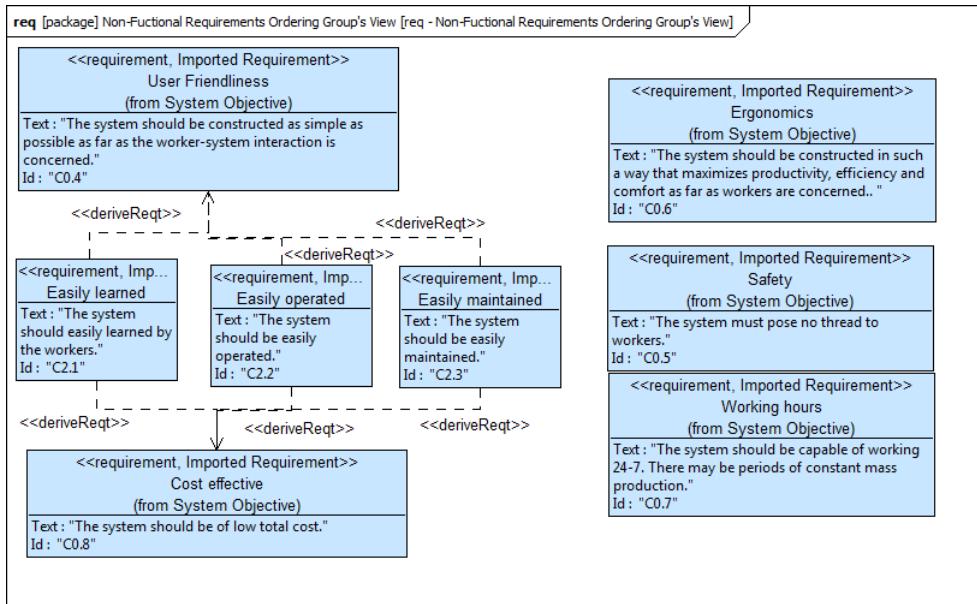


Σχήμα Α'.27: Οι γενικές απαιτήσεις του μοντέλου Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο σύλληψης

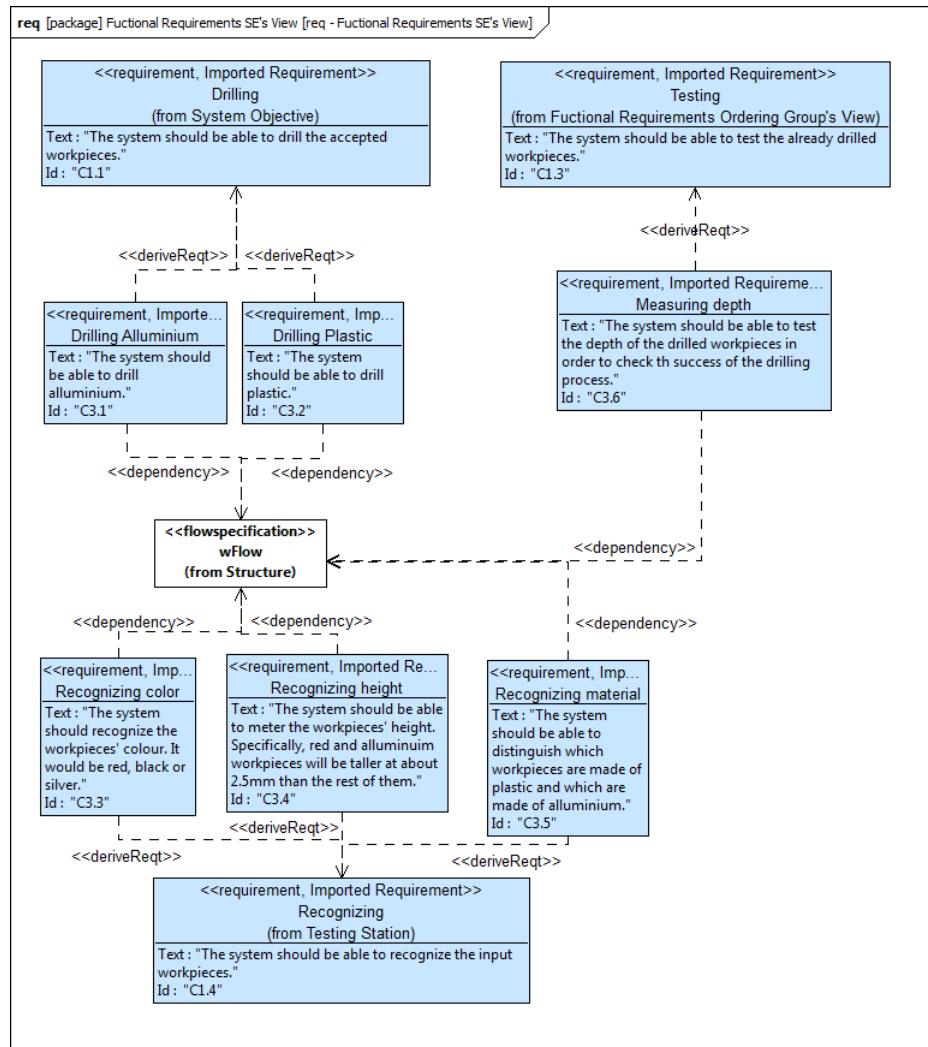
Κεφάλαιο Α'



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

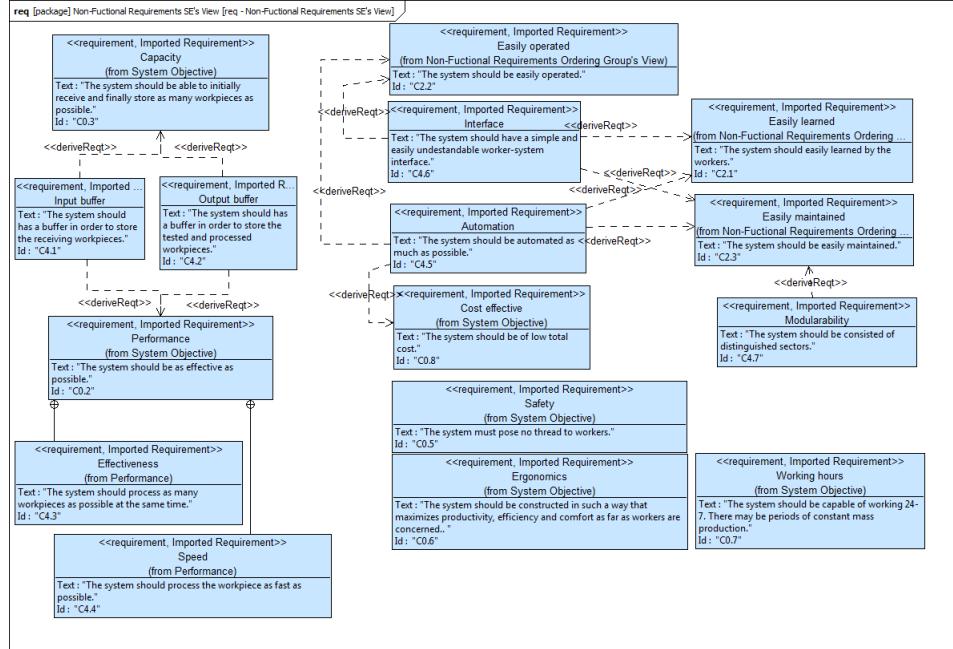


Σχήμα Α'.29: Οι λοιπές απαιτήσεις της ομάδας παραγγελίας στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης

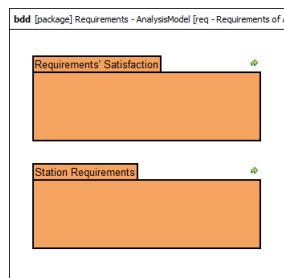


Σχήμα A'.30: Οι λειτουργικές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης

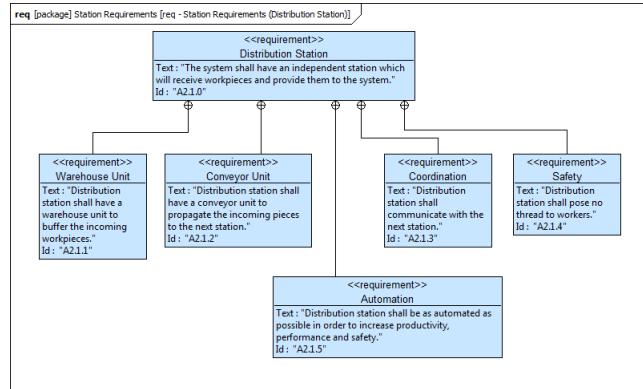
Κεφάλαιο Α'



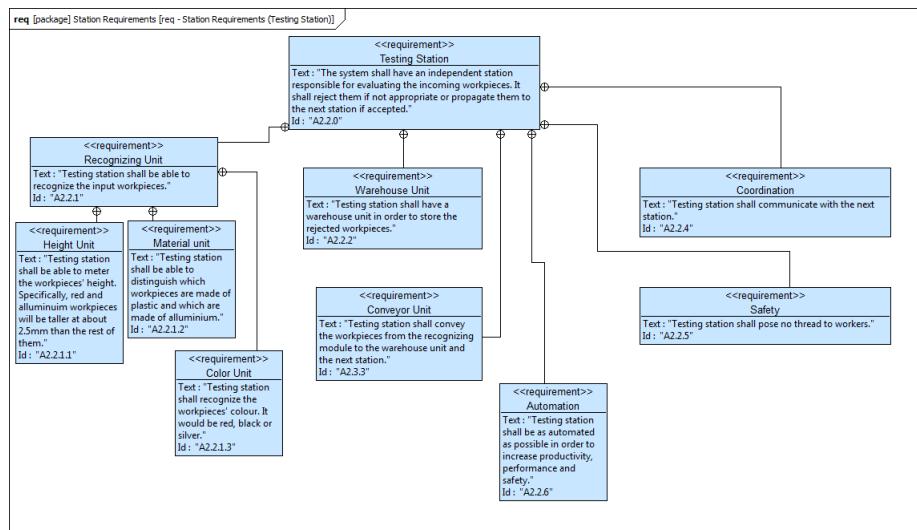
Σχήμα Α'.31: Οι λοιπές απαιτήσεις του μηχανικού συστημάτων στο μοντέλο Ανάλυσης που έχουν εισαχθεί από το μοντέλο Σύλληψης



Σχήμα Α'.32: Η δομή των απαιτήσεων του μοντέλου Ανάλυσης

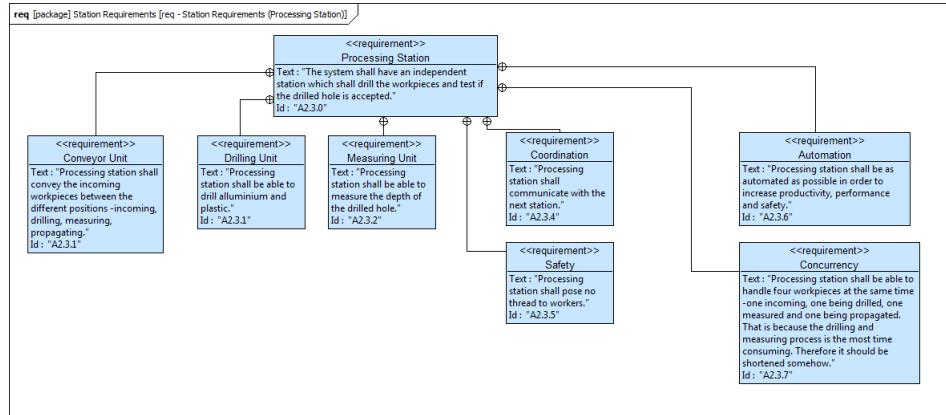


Σχήμα A'.33: Οι απαιτήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

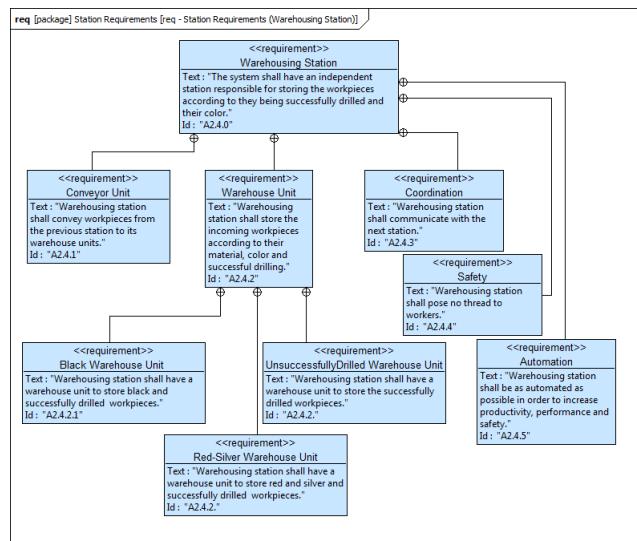


Σχήμα A'.34: Οι απαιτήσεις του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

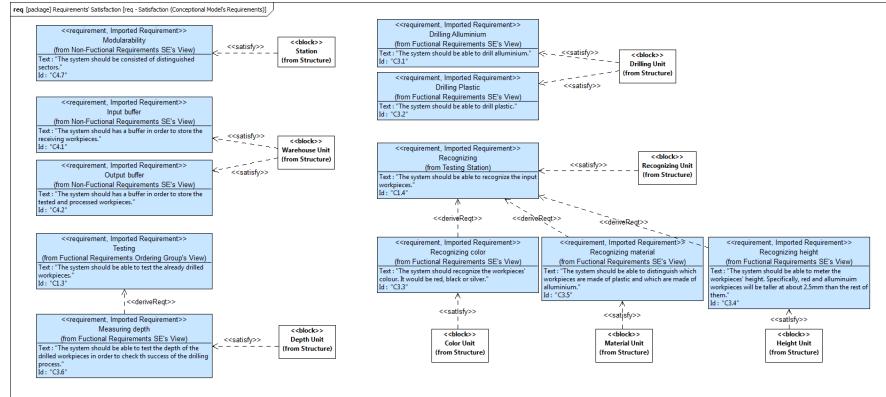
Κεφάλαιο Α'



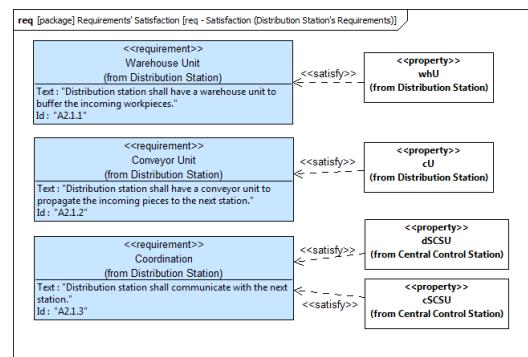
Σχήμα Α'.35: Οι απαιτήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα Α'.36: Οι απαιτήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης

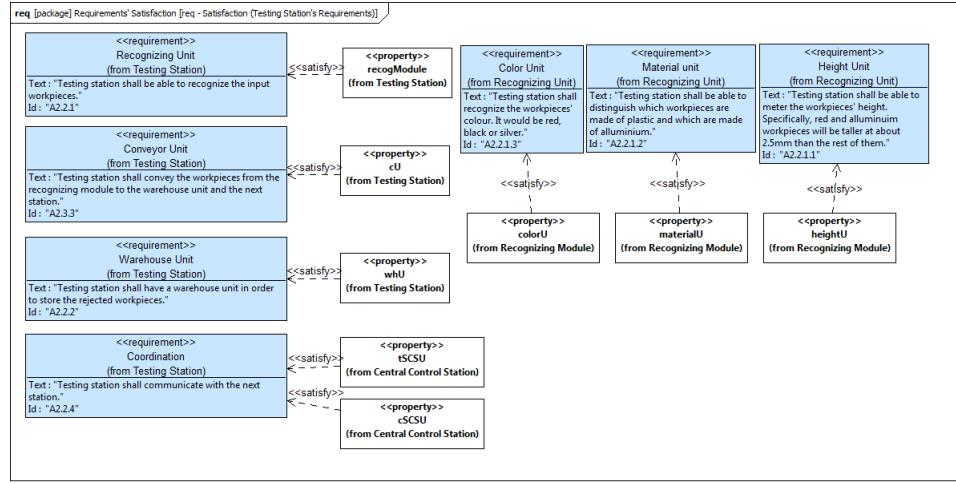


Σχήμα A'.37: Η πλήρωση των απαιτήσεων του μοντέλου Σύλληψης

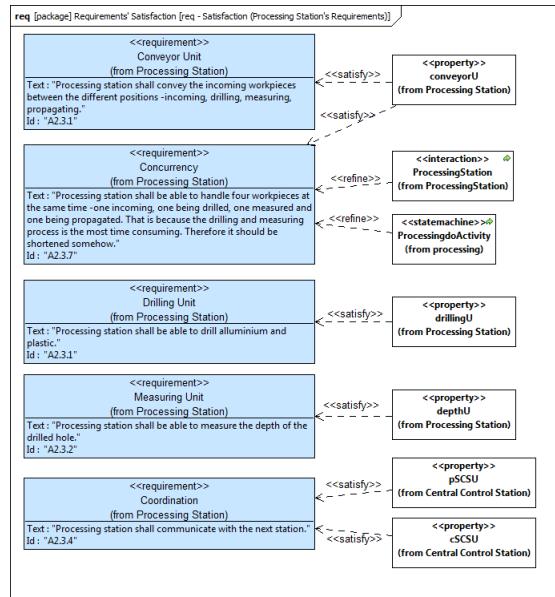


Σχήμα A'.38: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

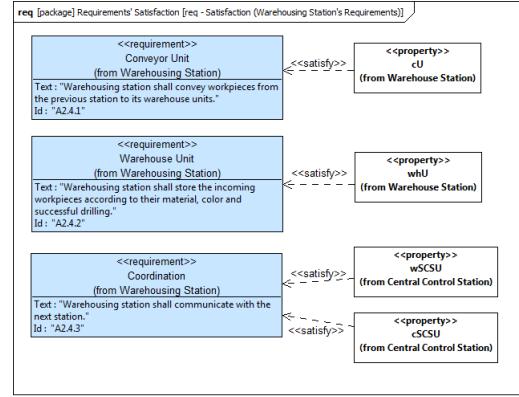
Kεφάλαιο A'



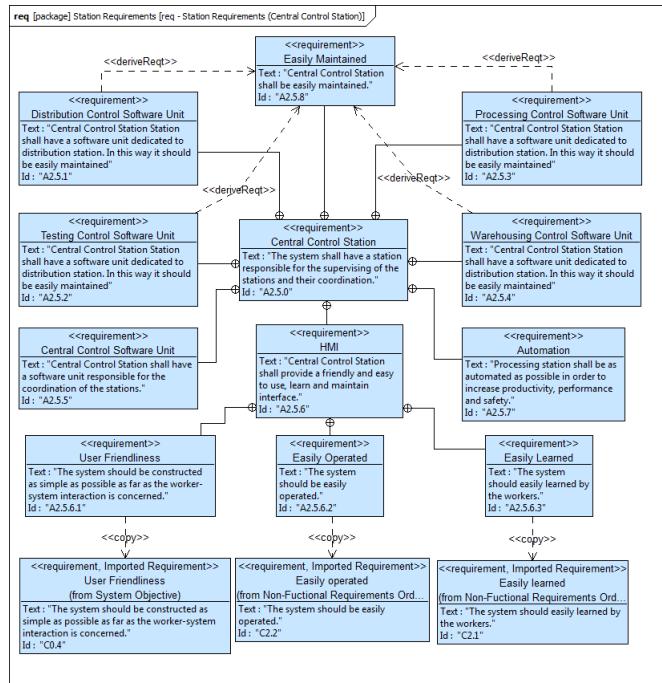
Σχήμα A'.39: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



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

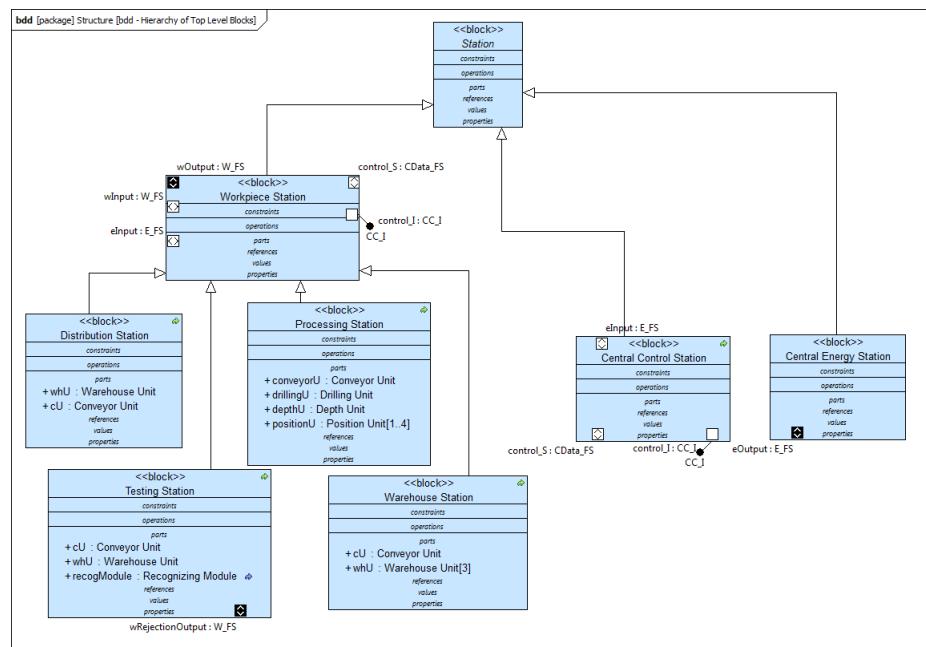


Σχήμα A'.41: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



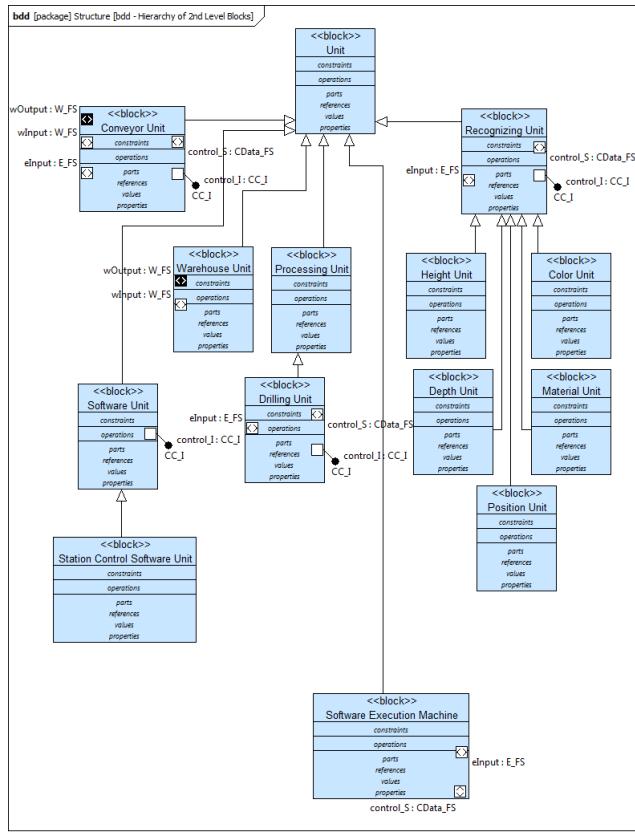
Σχήμα A'.42: Η πλήρωση των απαιτήσεων του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

A'.2.3 Πακέτο δομής - Structure package

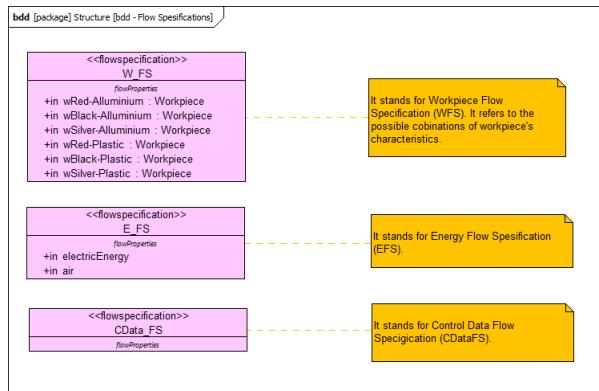


Σχήμα Α'.43: Η ιεραρχική διάρθρωση των βασικών δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης

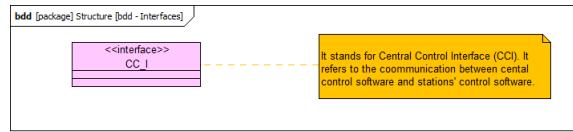
Kεφάλαιο A'



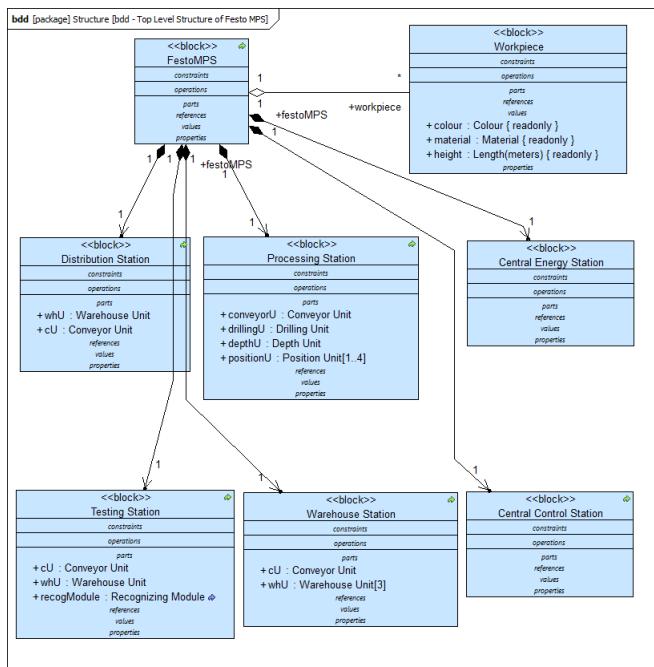
Σχήμα Α'.44: Η ιεραρχική διάρθρωση των δευτερευόντων δομικών στοιχείων στο μοντέλο Ανάλυσης



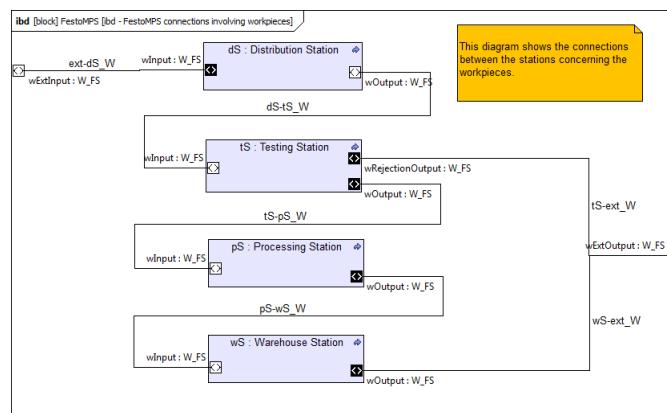
Σχήμα Α'.45: Οι τεκμηριώσεις των ροών στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα Α'.46: Οι τεκμηριώσεις των διεπαφών στο μοντέλο Ανάλυσης

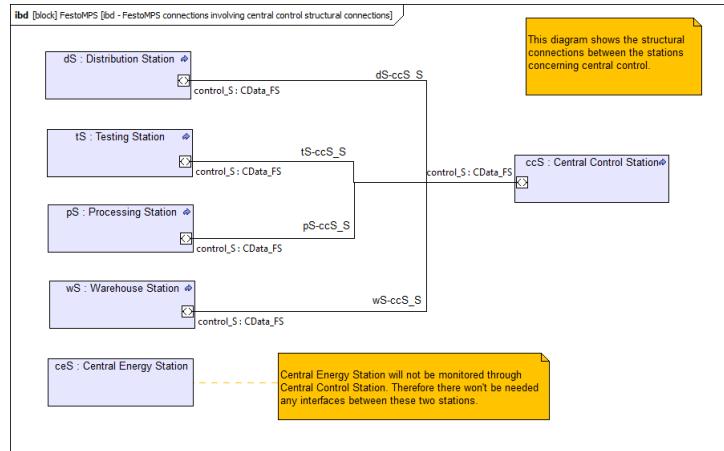


Σχήμα Α'.47: To bdd του Festo Mps στο μοντέλο Ανάλυσης

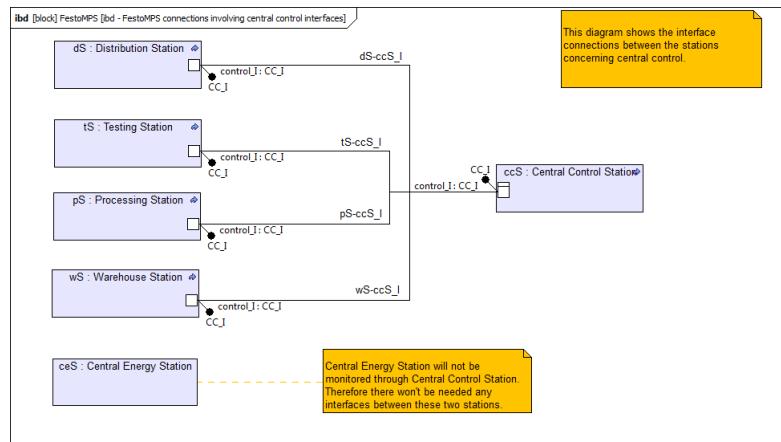


Σχήμα Α'.48: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης

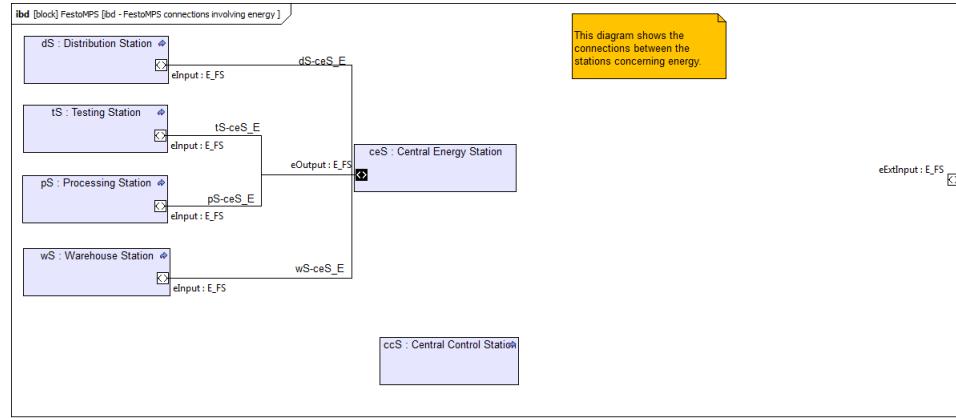
Κεφάλαιο A'



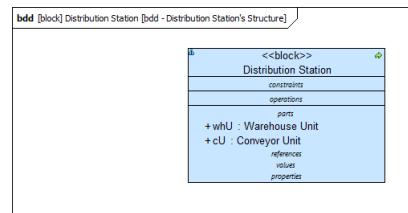
Σχήμα Α'.49: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις γραμμές ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



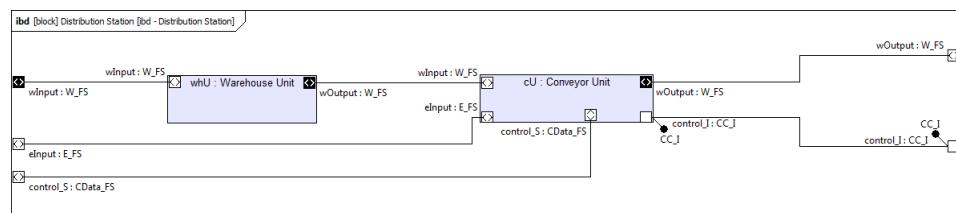
Σχήμα Α'.50: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στις διεπαφές στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.51: Το ibd του Festo MPS αναφερόμενο στην ενέργεια στο μοντέλο Ανάλυσης

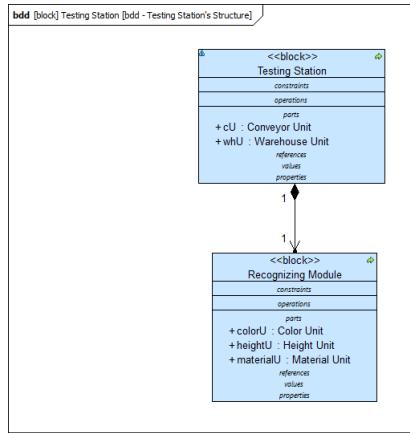


Σχήμα A'.52: Το bdd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

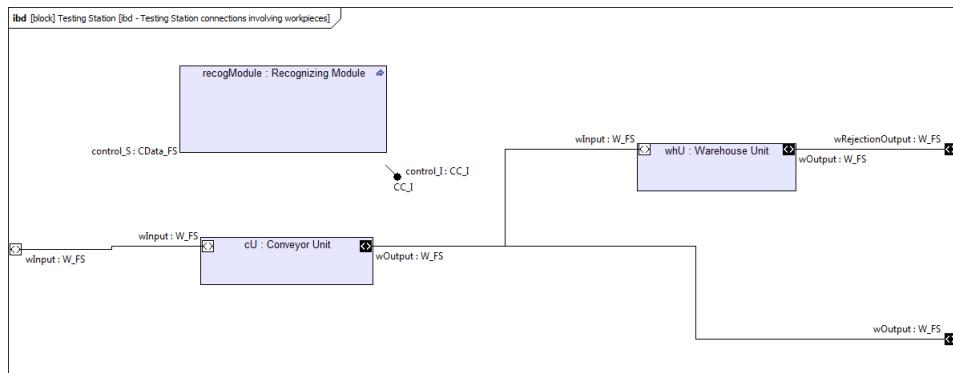


Σχήμα A'.53: Το ibd του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

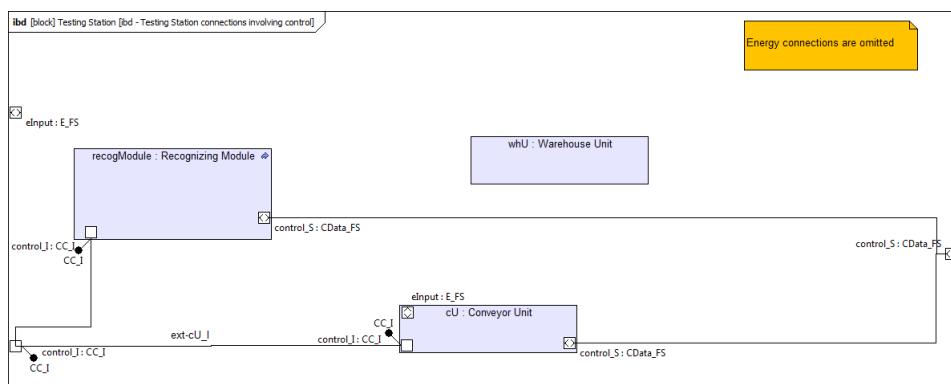
Κεφάλαιο A'



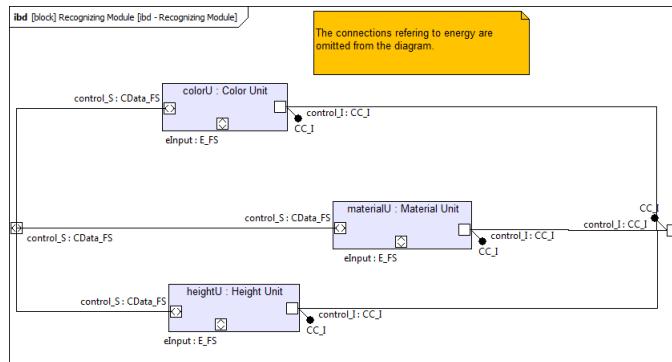
Σχήμα A'.54: Το bdd του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



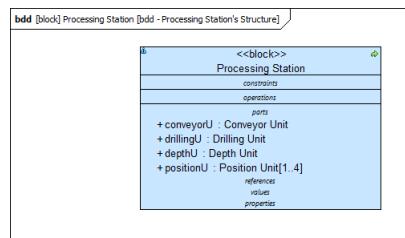
Σχήμα A'.55: Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στις πρώτες ύλες στο μοντέλο Ανάλυσης



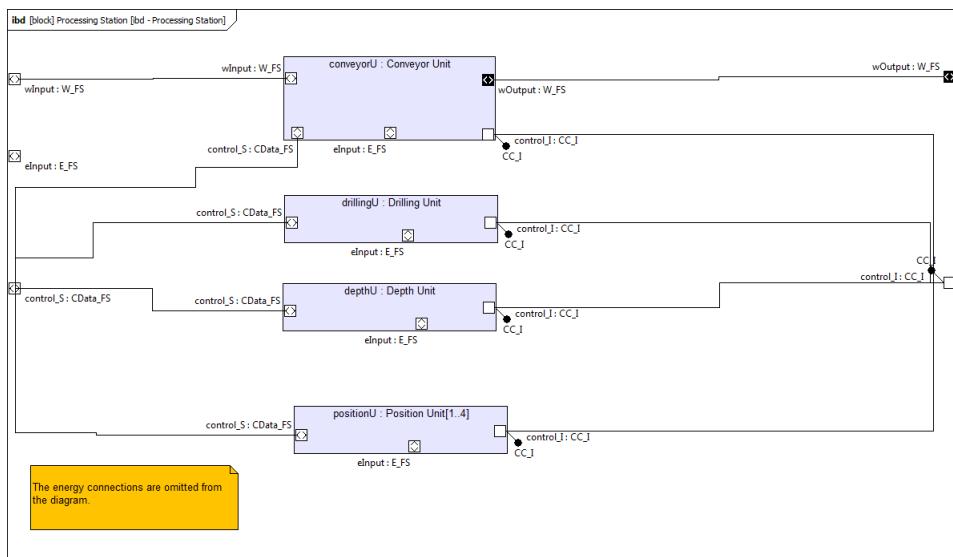
Σχήμα A'.56: Το ibd του σταθμού ελέγχου αναφερόμενο στον έλεγχο στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.57: Το ibd της μονάδας αναγνώρισης στο μοντέλο Ανάλυσης

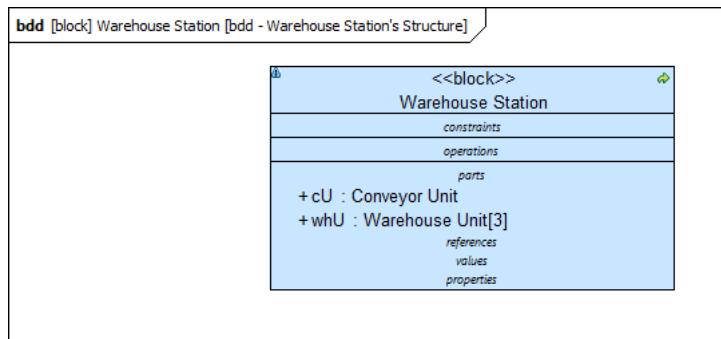


Σχήμα A'.58: Το bdd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

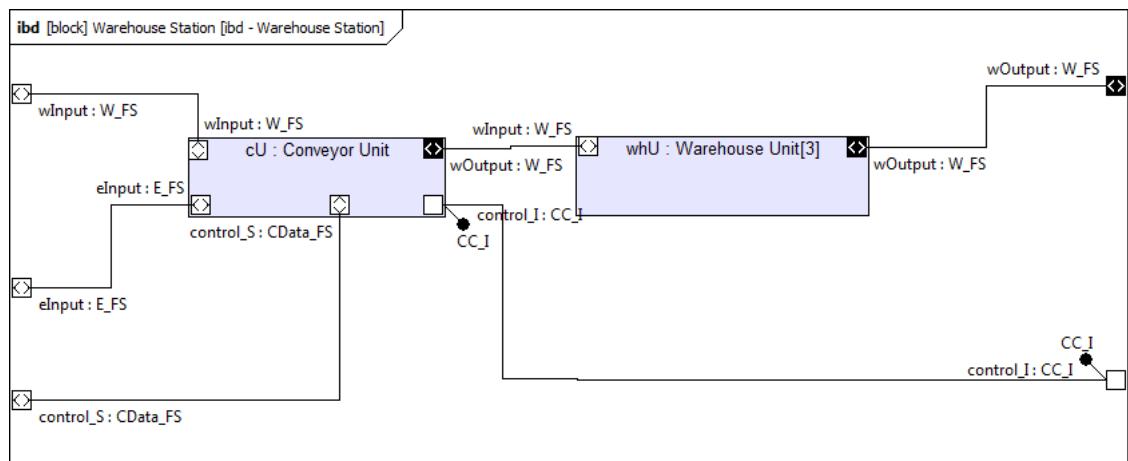


Σχήμα A'.59: Το ibd του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

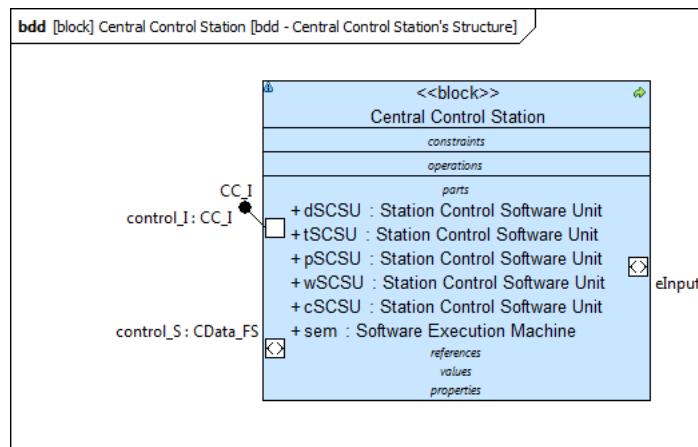
Κεφάλαιο A'



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

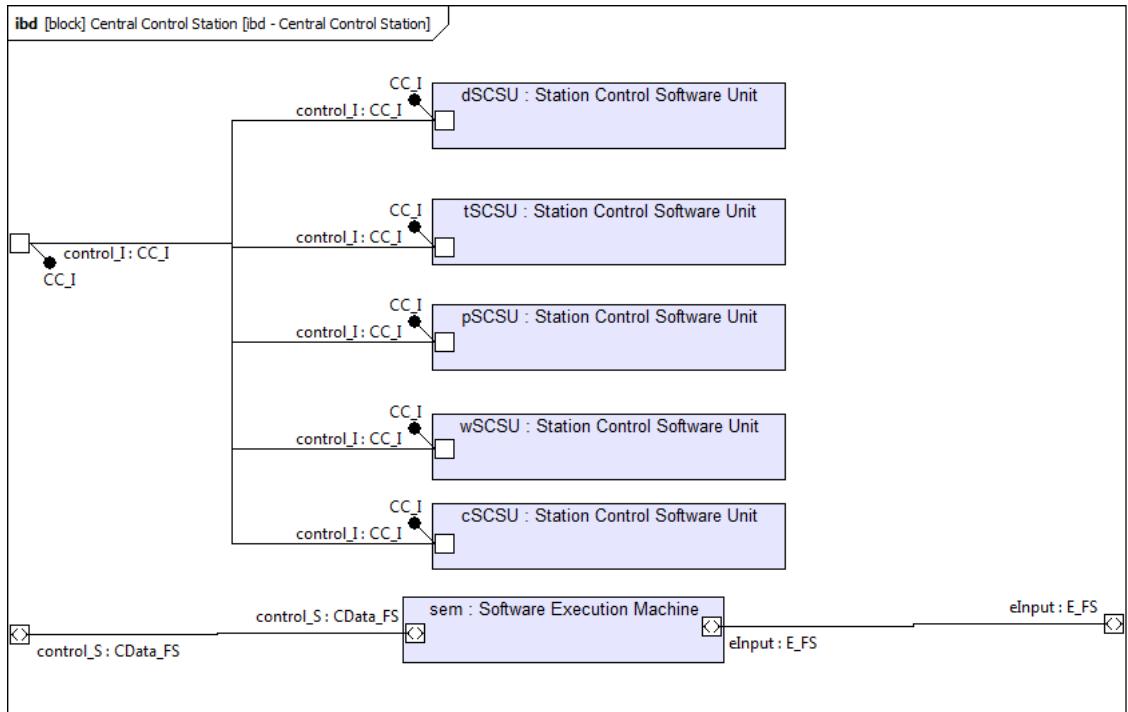


Σχήμα A'.61: Το ibd του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.62: Το bdd του σταθμού κεντρικού ελέχου στο μοντέλο Ανάλυσης

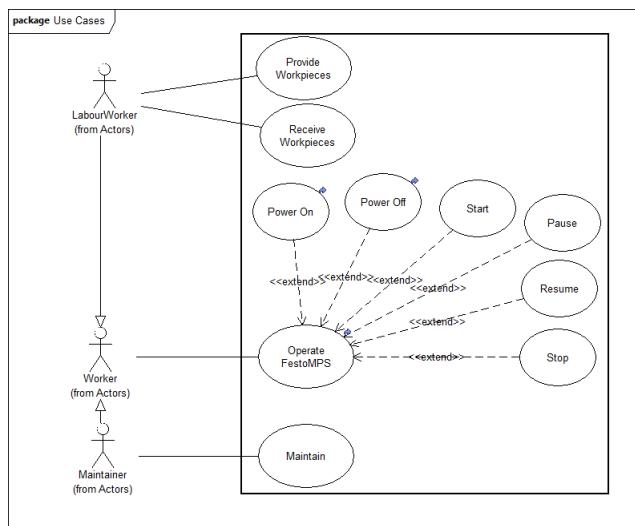
Κεφάλαιο Α'



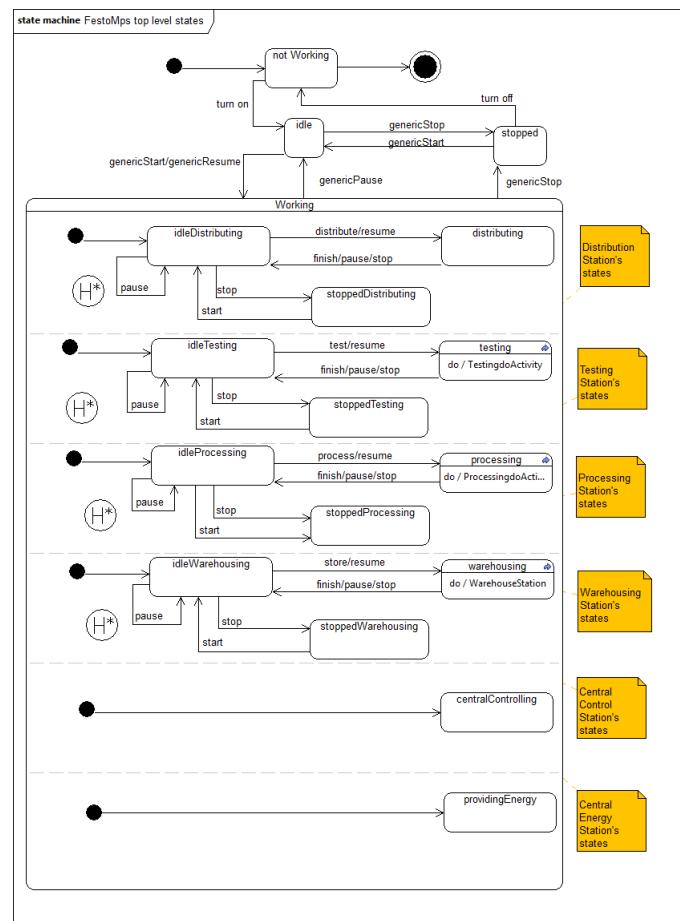
Σχήμα Α'.63: Το ibd του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

A'.2.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package

Κεφάλαιο Α'

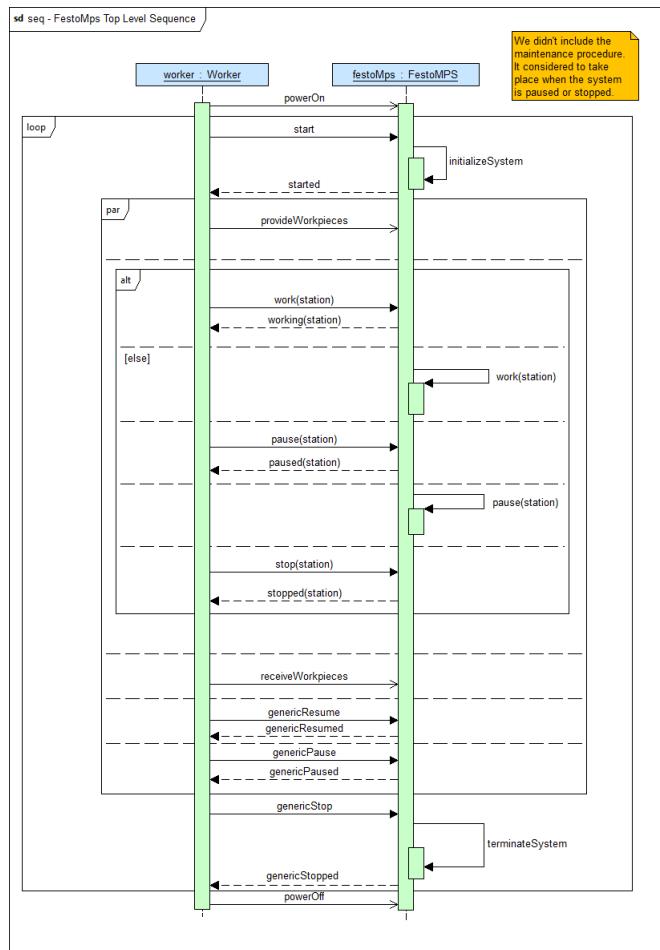


Σχήμα A'.64: Οι περιπτώσεις χρήσεις του Festo MPS στο μοντέλο Avá-lusos

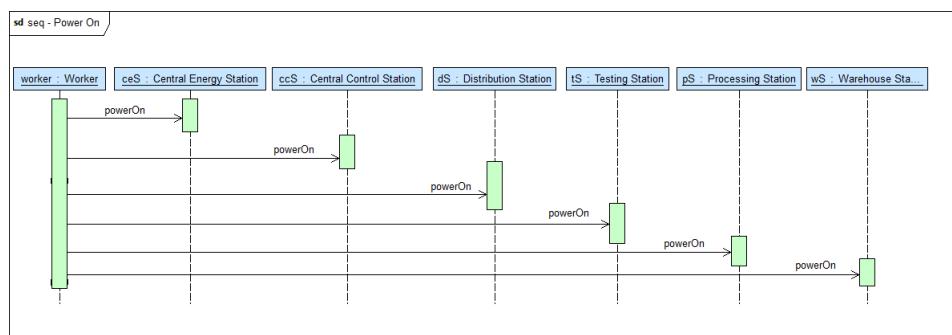


Σχήμα Α'.65: Το διάγραμμα καταστάσεων του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

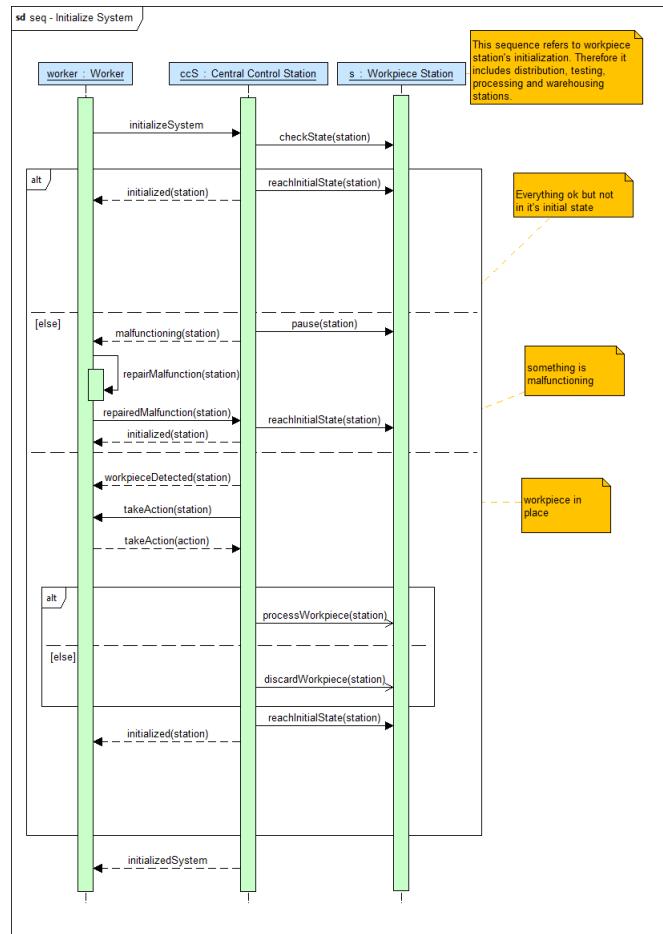
Κεφάλαιο A'



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

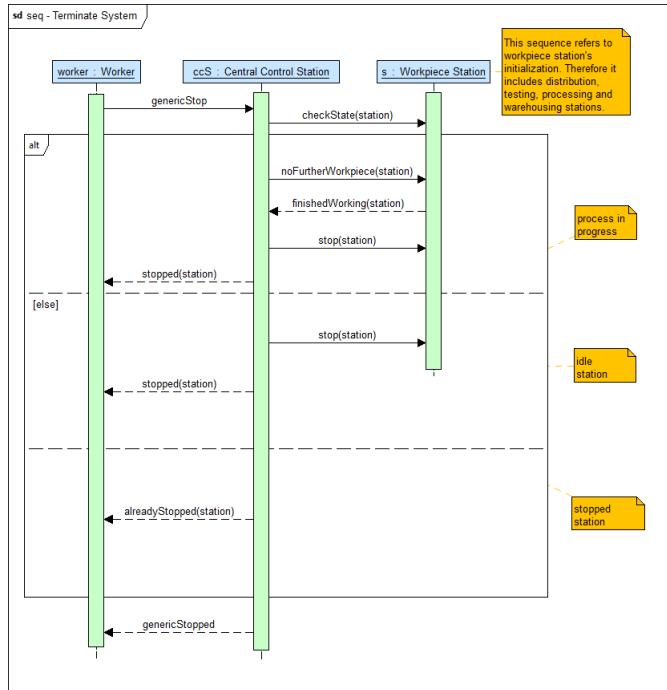


Σχήμα Α'.67: Το διάγραμμα ακολουθίας για την ενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

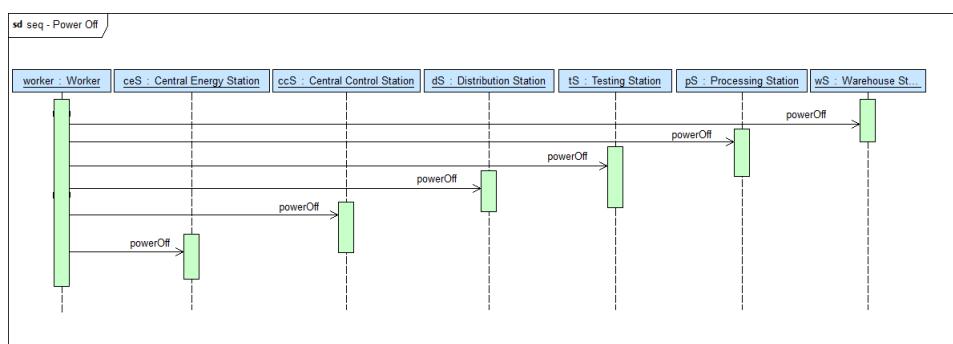


Σχήμα A'.68: Το διάγραμμα ακολουθίας για την αρχικοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

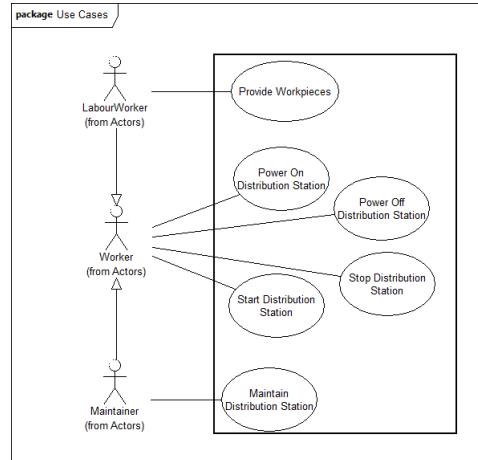
Κεφάλαιο A'



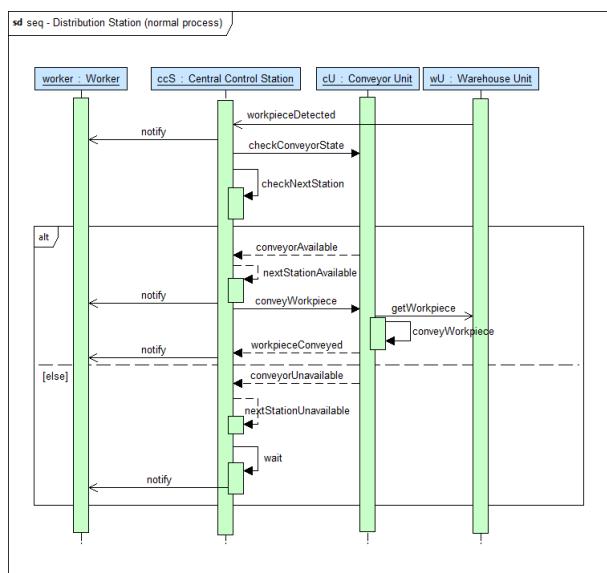
Σχήμα A'.69: Το διάγραμμα ακολουθίας για τον τερματισμό εκκίνησης του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.70: Το διάγραμμα ακολουθίας για την απενεργοποίηση του Festo MPS στο μοντέλο Ανάλυσης

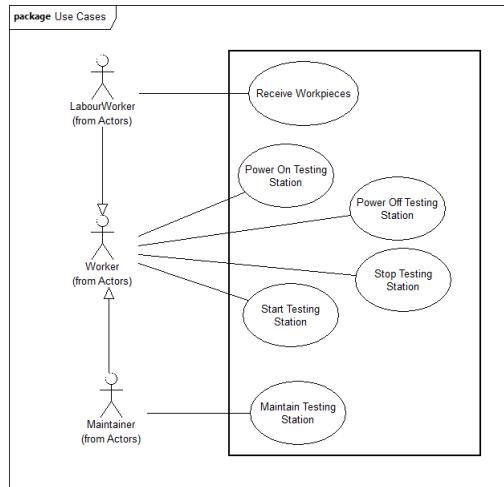


Σχήμα A'.71: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

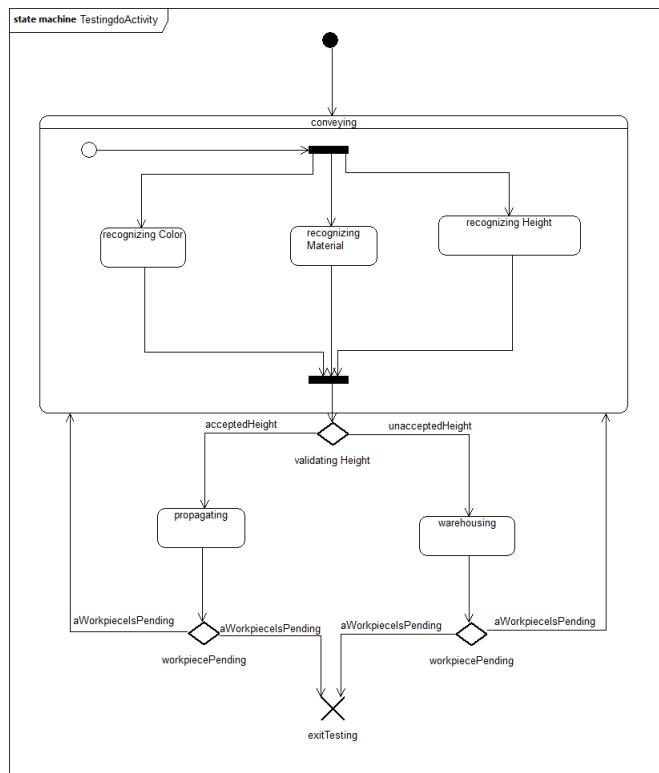


Σχήμα A'.72: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού διανομής στο μοντέλο Ανάλυσης

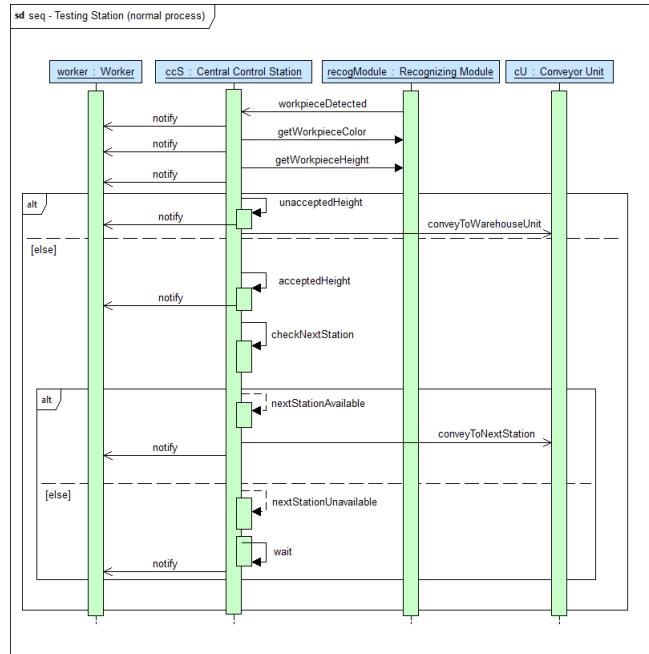
Κεφάλαιο A'



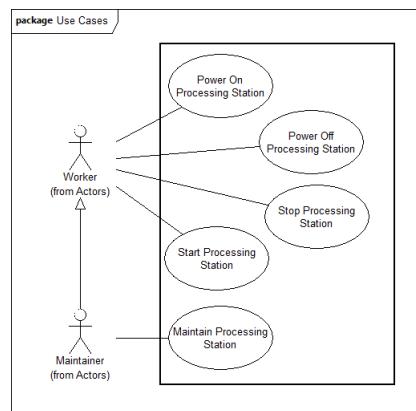
Σχήμα Α'.73: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης



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

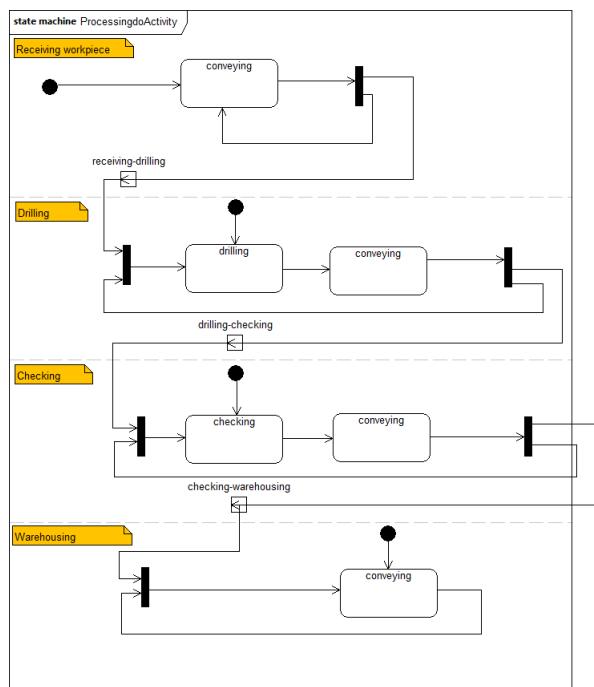


Σχήμα Α'.75: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

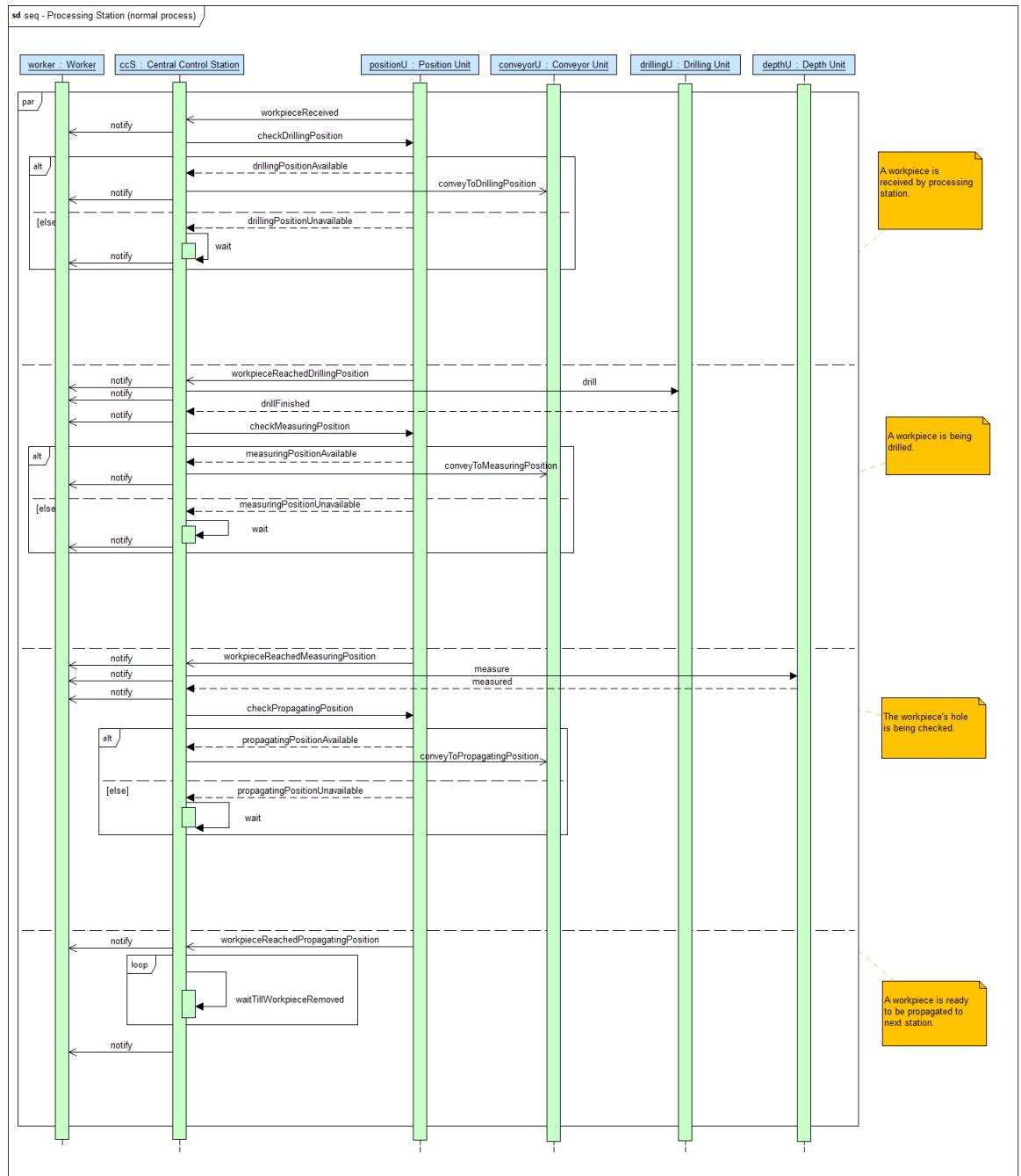


Σχήμα Α'.76: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

Κεφάλαιο A'

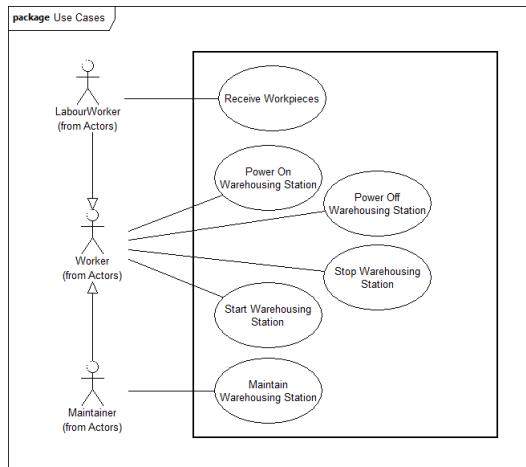


Σχήμα A'.77: Το διάγραμμα καταστάσεων του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

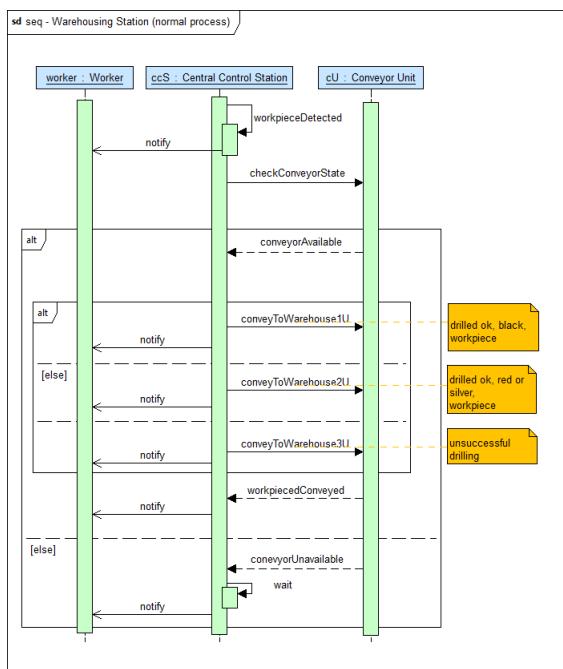


Σχήμα A.78: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού επεξεργασίας στο μοντέλο Ανάλυσης

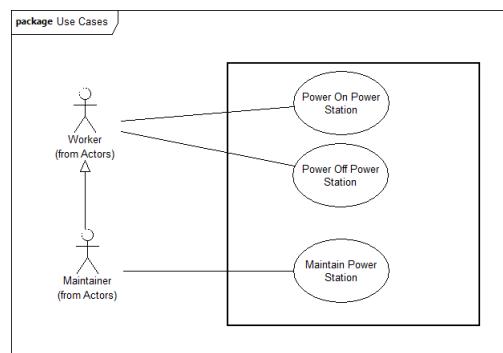
Κεφάλαιο A'



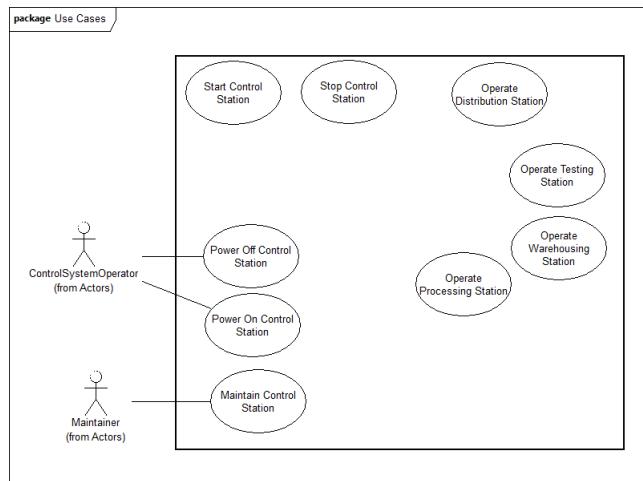
Σχήμα Α'.79: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα Α'.80: Το διάγραμμα ακολουθίας του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Ανάλυσης



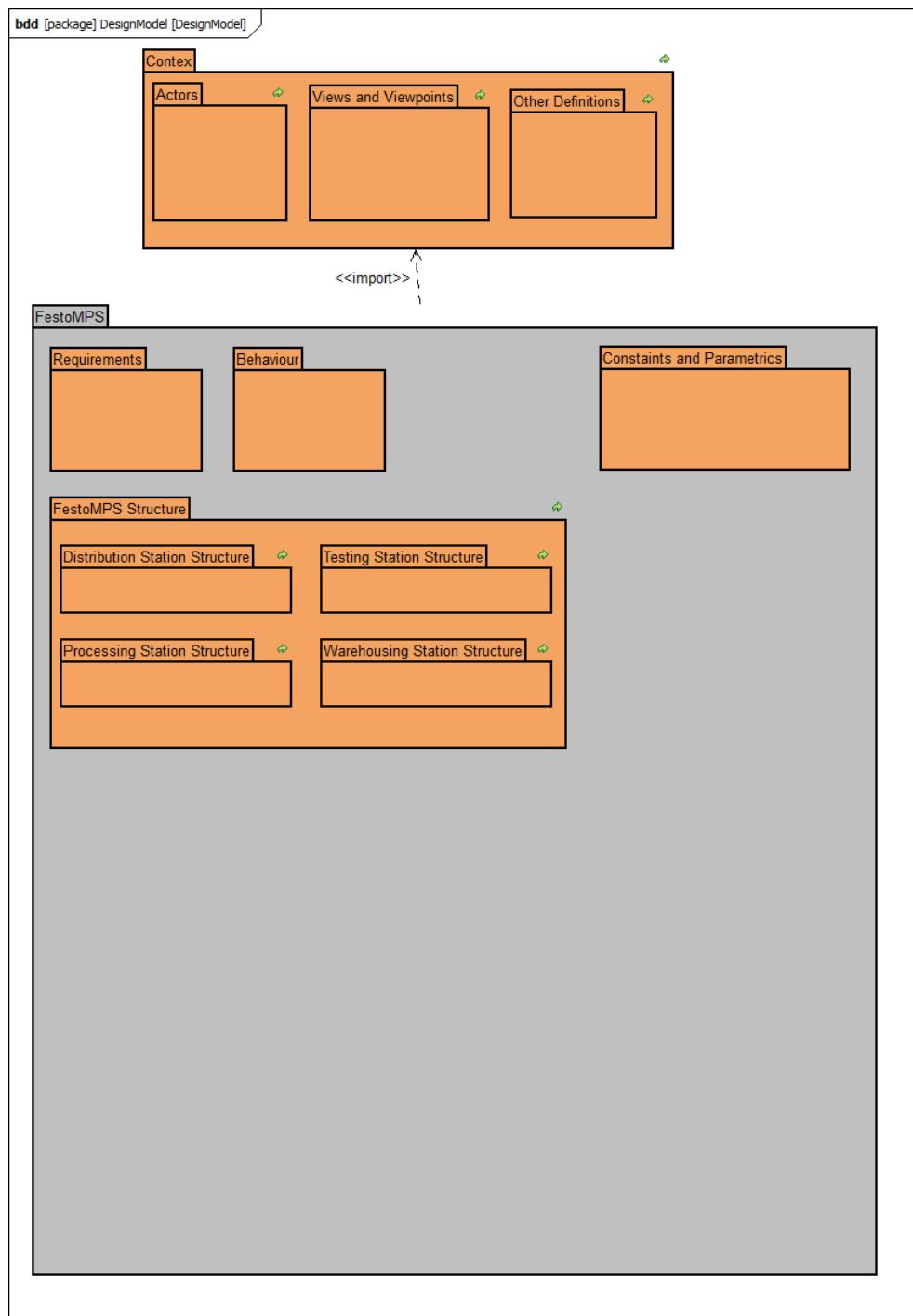
Σχήμα Α'.81: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού ενέργειας στο μοντέλο Ανάλυσης



Σχήμα A'.82: Οι περιπτώσεις χρήσεις του σταθμού κεντρικού ελέγχου στο μοντέλο Ανάλυσης

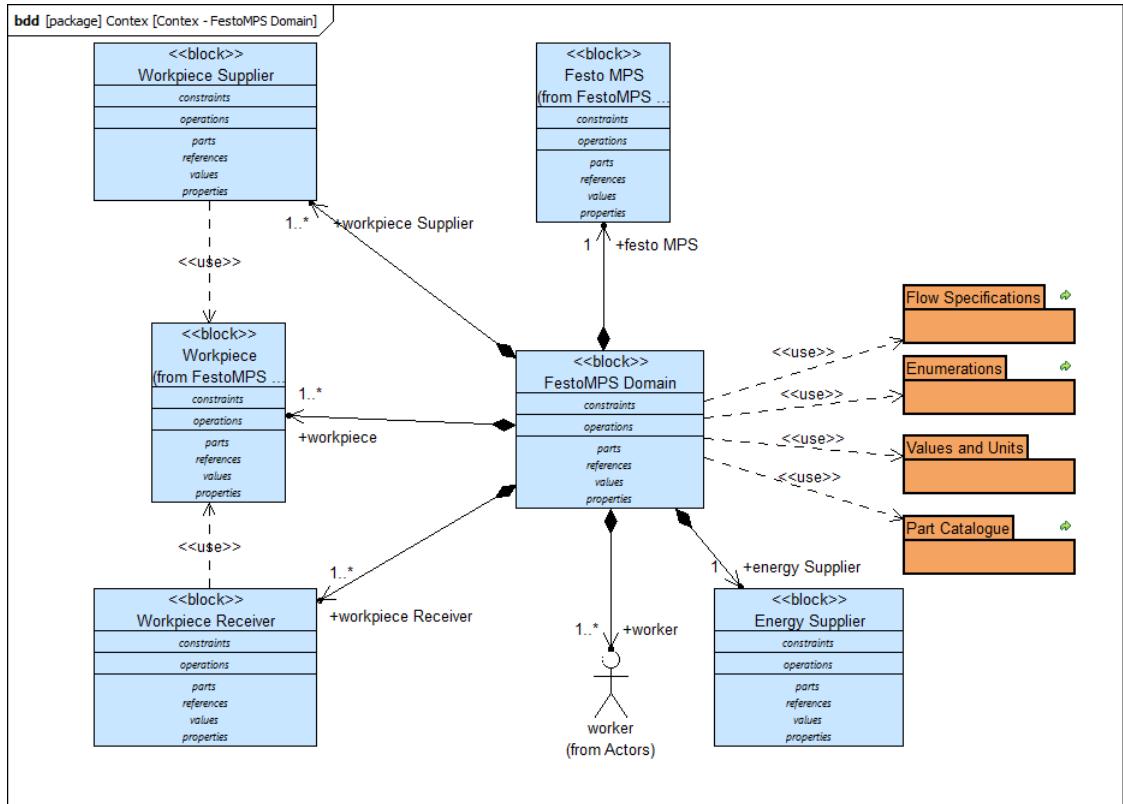
A'.3 Μοντέλο Υλοποίησης -Design Model

A'.3.1 Χώρος υλοποίησης συστήματος - Context

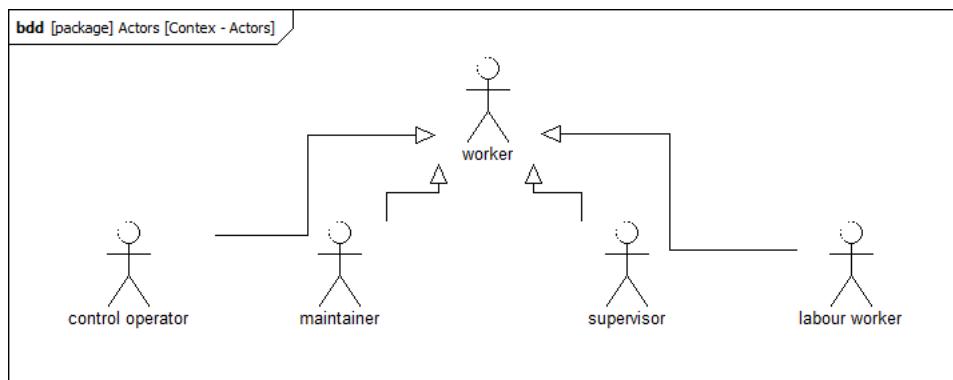


Σχήμα A'.83: Η δομή του μοντέλου Υλοποίησης

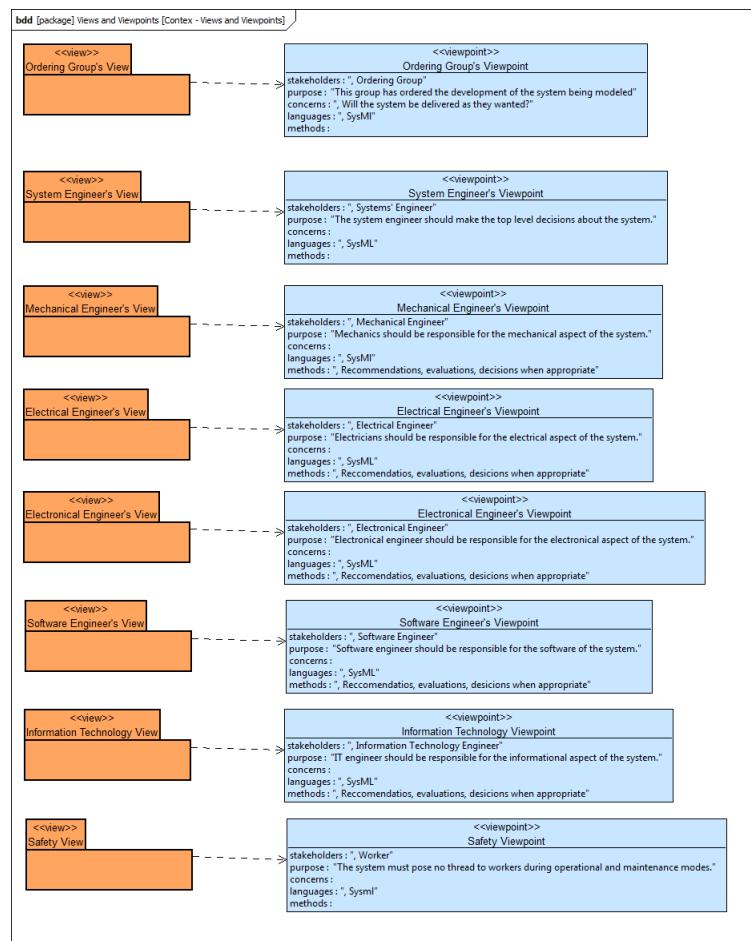
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.84: Ο χώρος υλοποίησης του μοντέλου Υλοποίησης

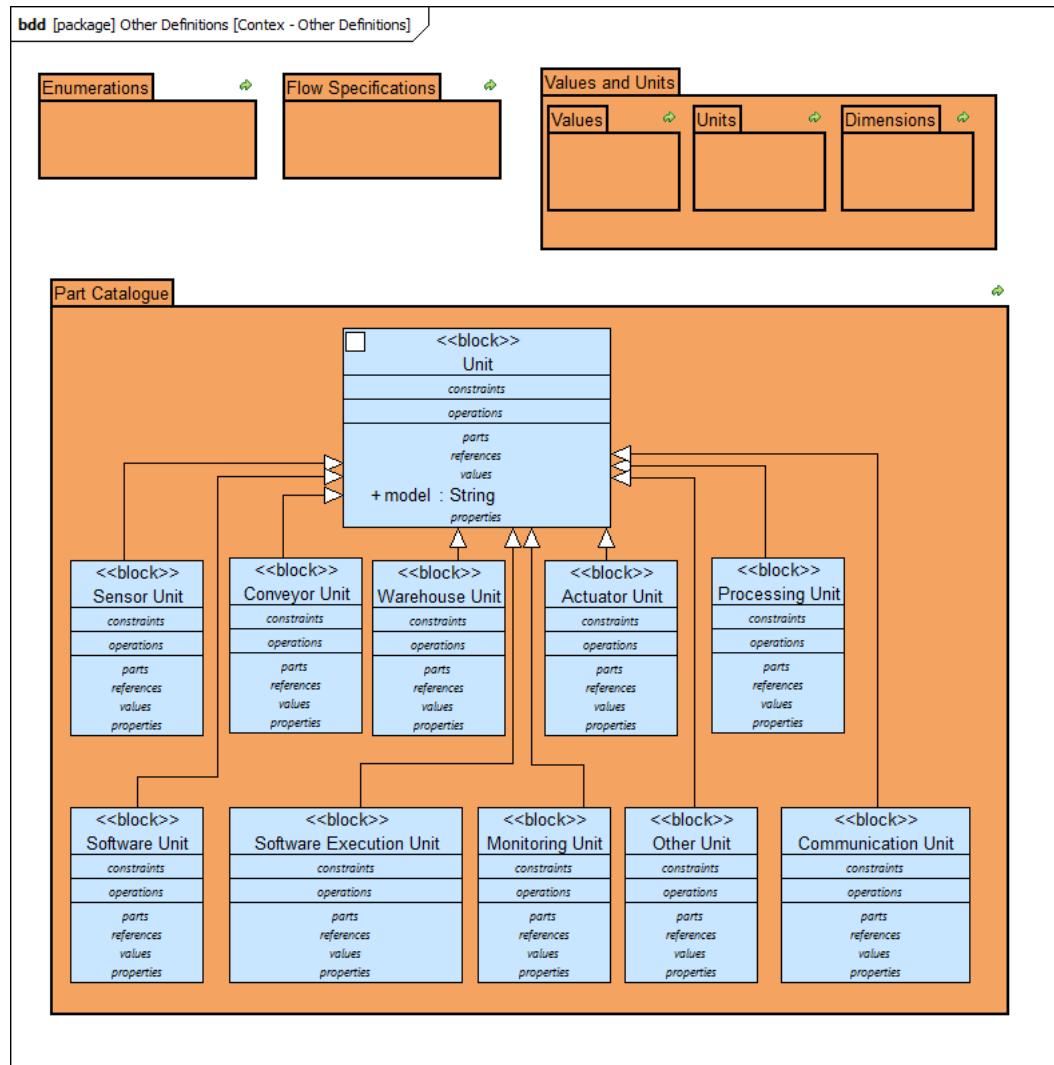


Σχήμα Α'.85: Οι ρόλοι του μοντέλου Υλοποίησης

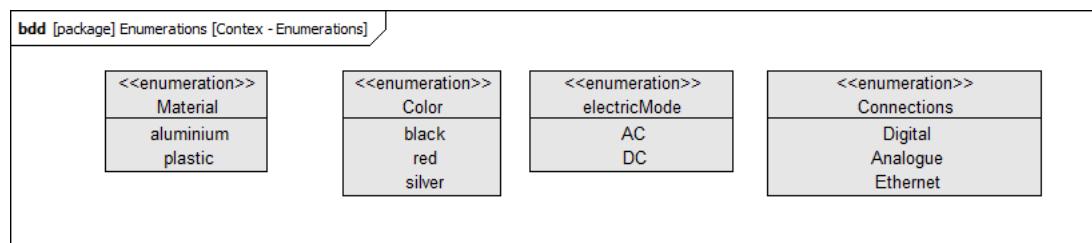


Σχήμα A'.86: Οι όψεις του μοντέλου Υλοποίησης

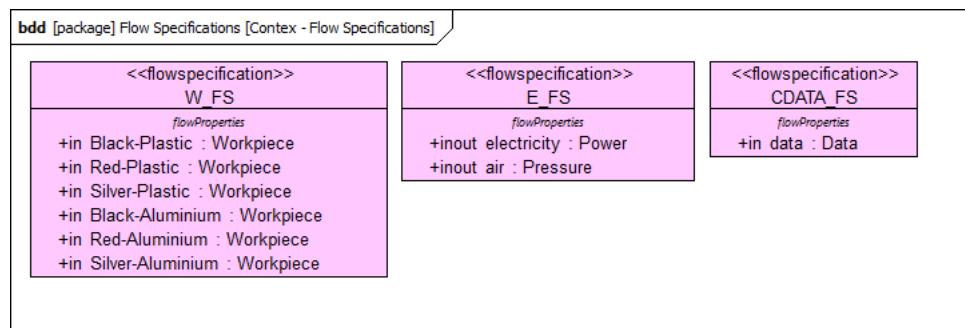
Κεφάλαιο Α'



Σχήμα Α'.87: Τα λοιπά στοιχεία του μοντέλου Υλοποίησης

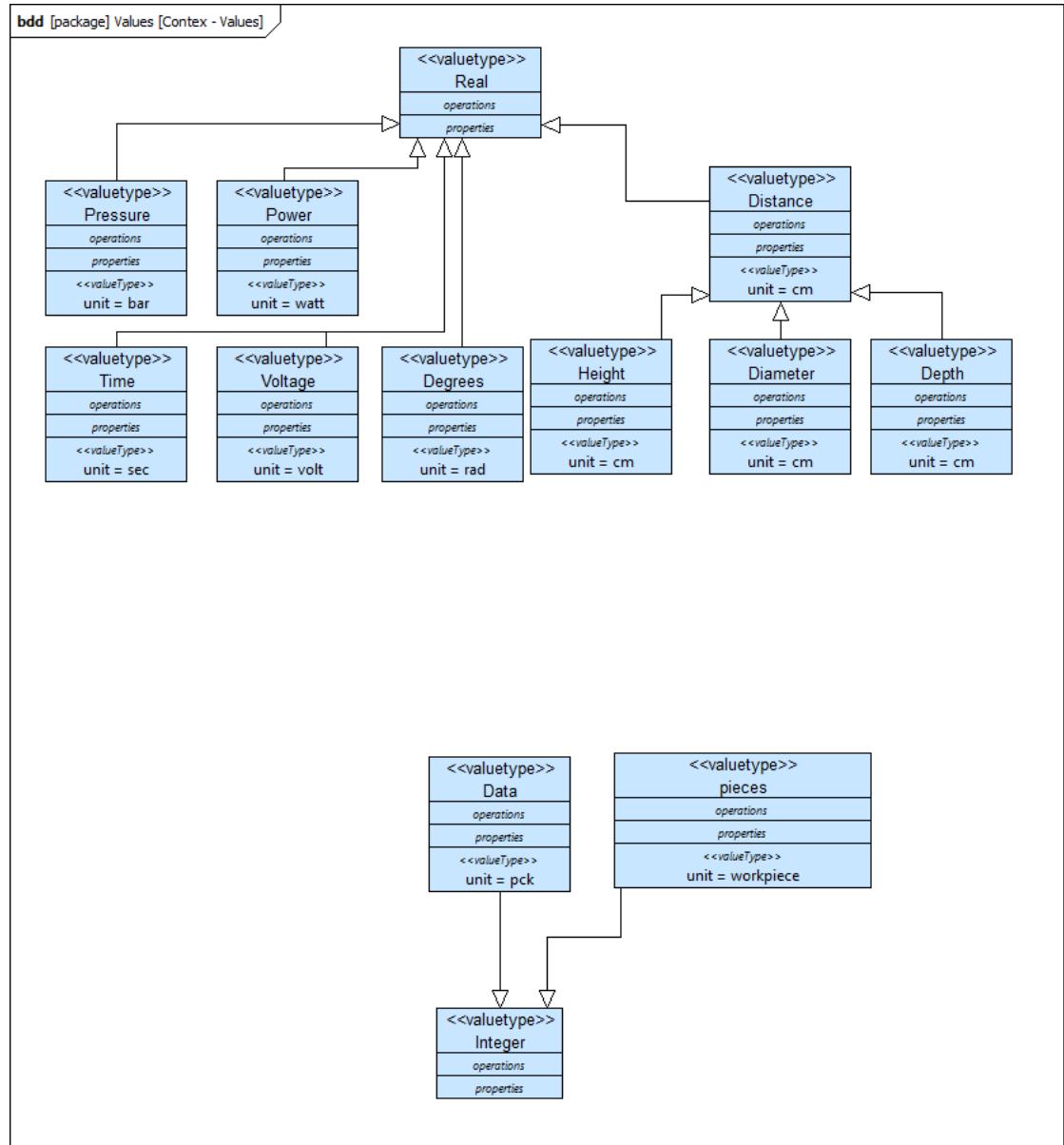


Σχήμα Α'.88: Οι "απαριθμήσεις" του μοντέλου Υλοποίησης

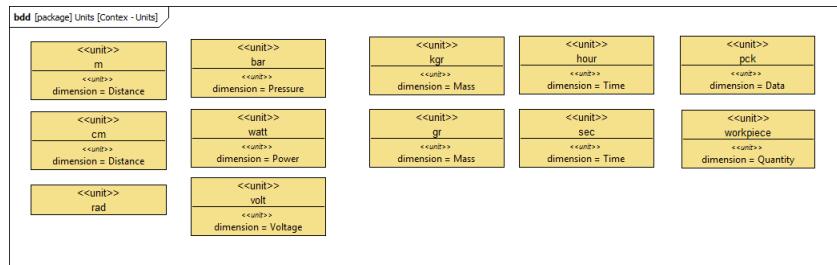


Σχήμα A'.89: Η τεκμηρίωση των ροών του μοντέλου Υλοποίησης

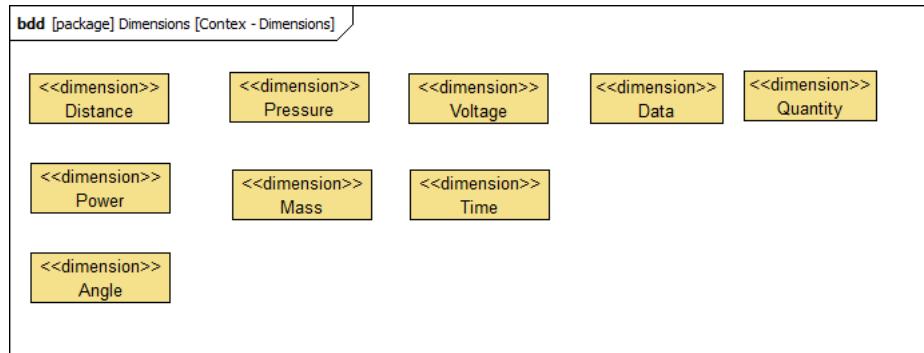
Κεφάλαιο A'



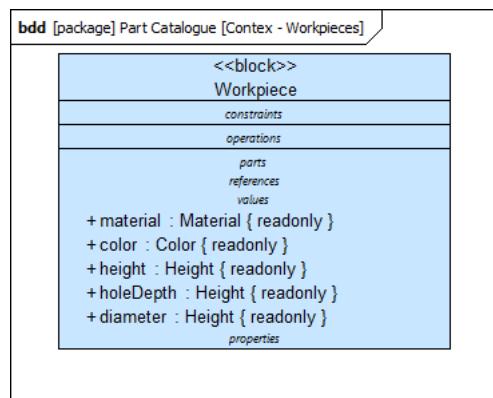
Σχήμα Α'.90: Οι κατηγορίες των υπό μέτρον μεγεθών του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.91: Οι μονάδες μέτρησης του μοντέλου Υλοποίησης

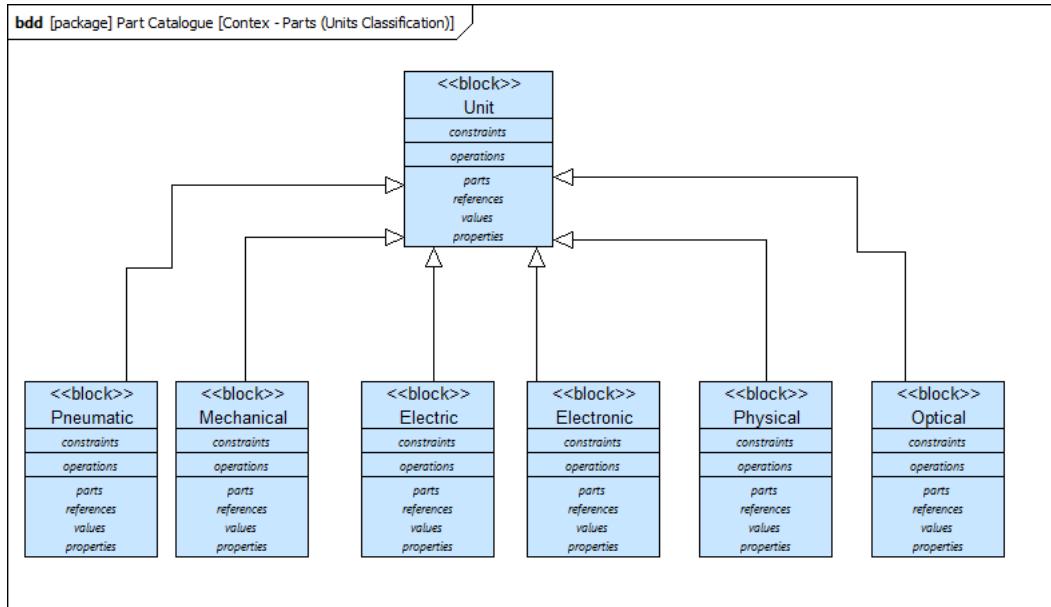


Σχήμα Α'.92: Τα υπό μέτρηση μεγέθη του μοντέλου Υλοποίησης

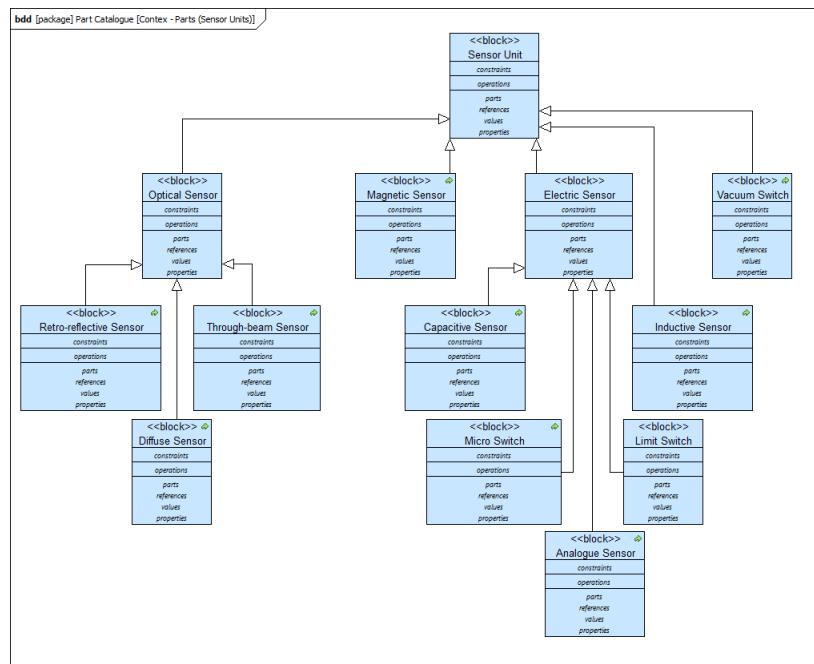


Σχήμα Α'.93: Το bdd των πρώτων υλών στο μοντέλο Υλοποίησης

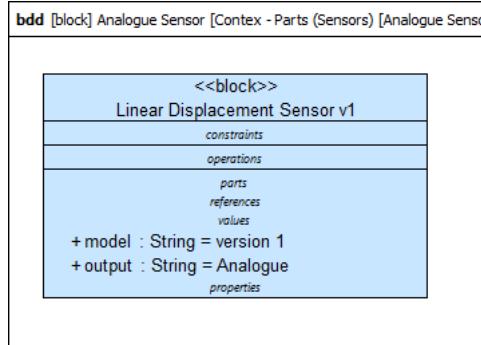
Κεφάλαιο Α'



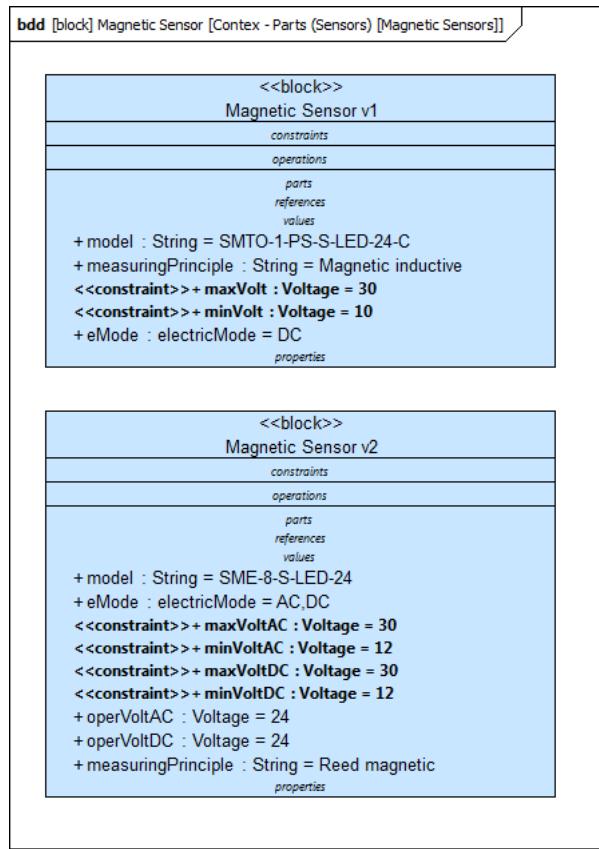
Σχήμα Α'.94: Η κατάταξη των συκευών στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.95: Η ιεραρχική διάρθρωση των αισθητήρων στο μοντέλο Υλοποίησης

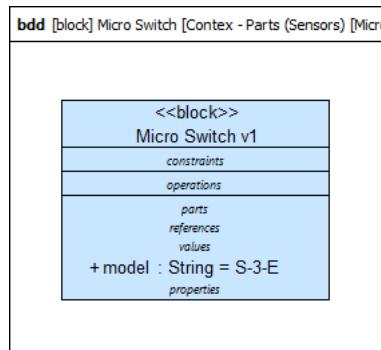


Σχήμα A'.96: Οι αναλογικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης

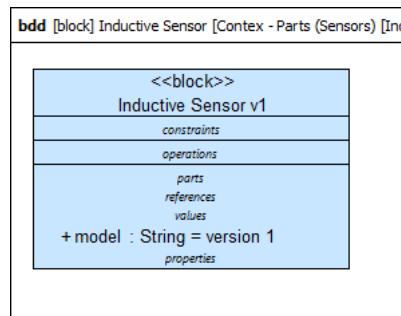


Σχήμα A'.97: Οι μαγνητικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης

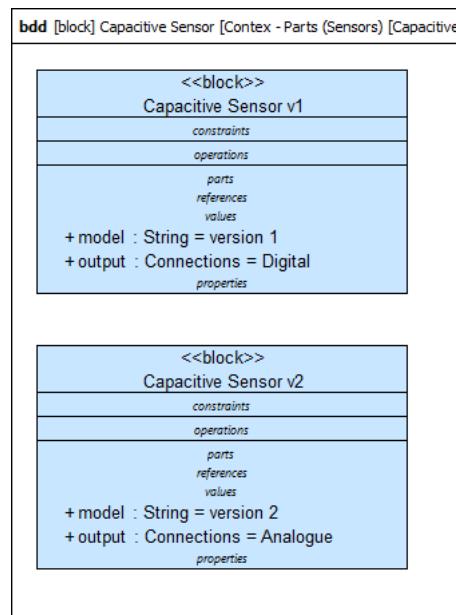
Κεφάλαιο A'



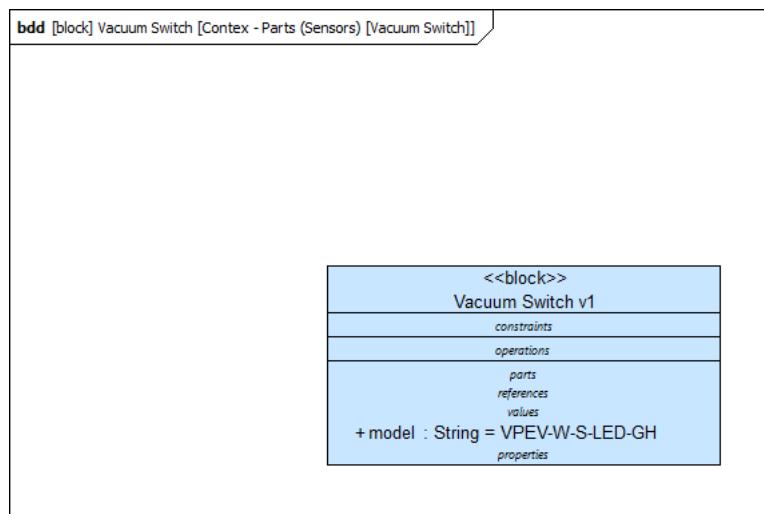
Σχήμα A'.98: Οι τερματικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης



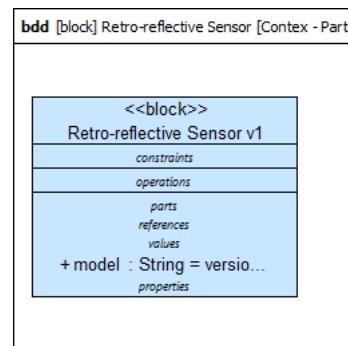
Σχήμα A'.99: Οι επαγωγικοί αισθητήρες του μοντέλου Υλοποίησης



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

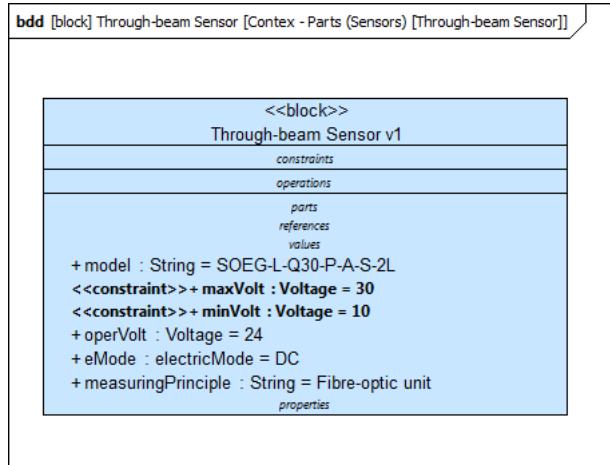


Σχήμα A'.101: Οι αισθητήρες κενού του μοντέλου Υλοποίησης

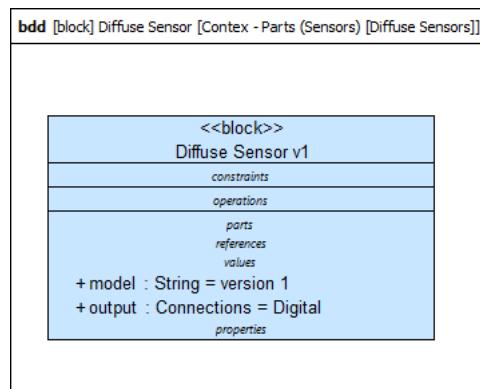


Σχήμα A'.102: Οι αισθητήρες ανάκλασης του μοντέλου Υλοποίησης

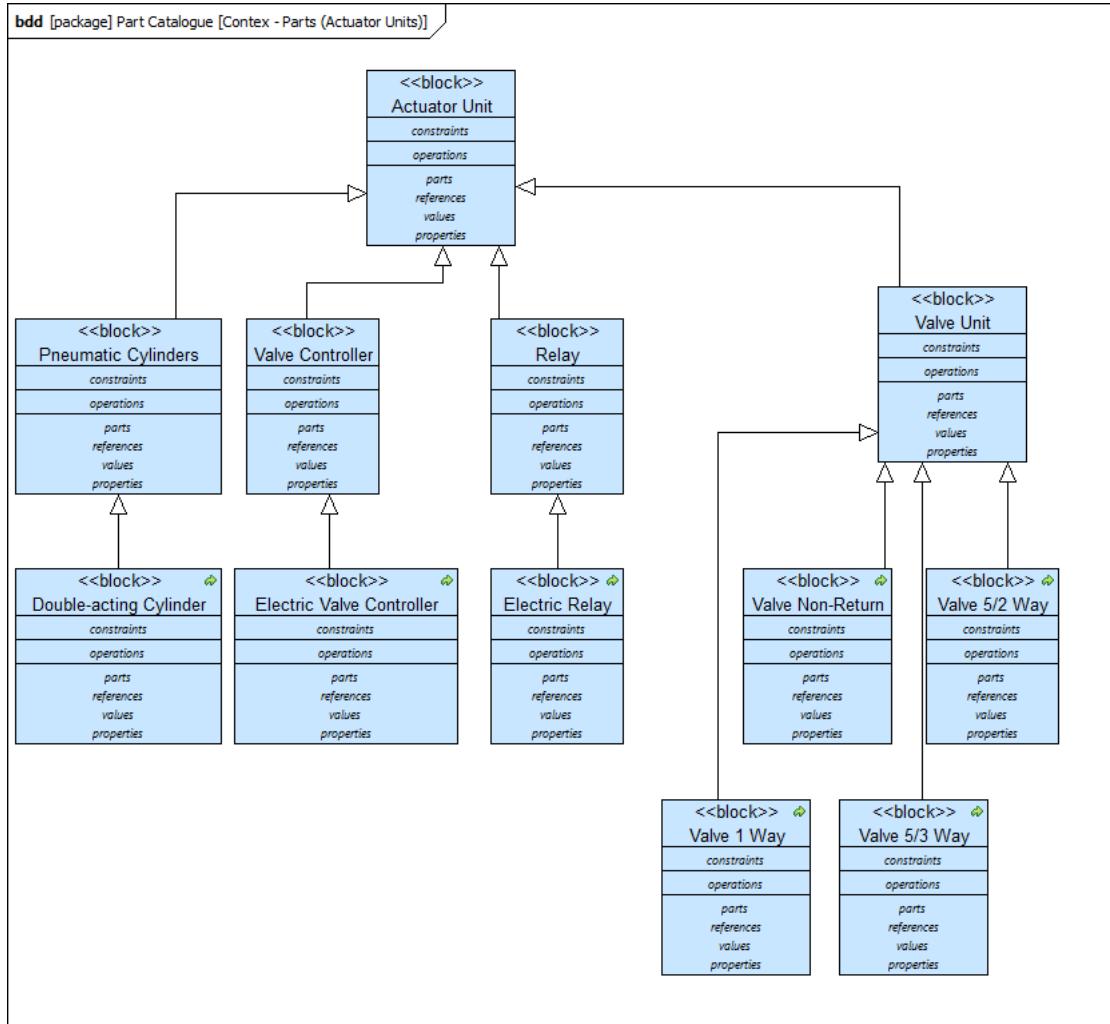
Κεφάλαιο A'



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

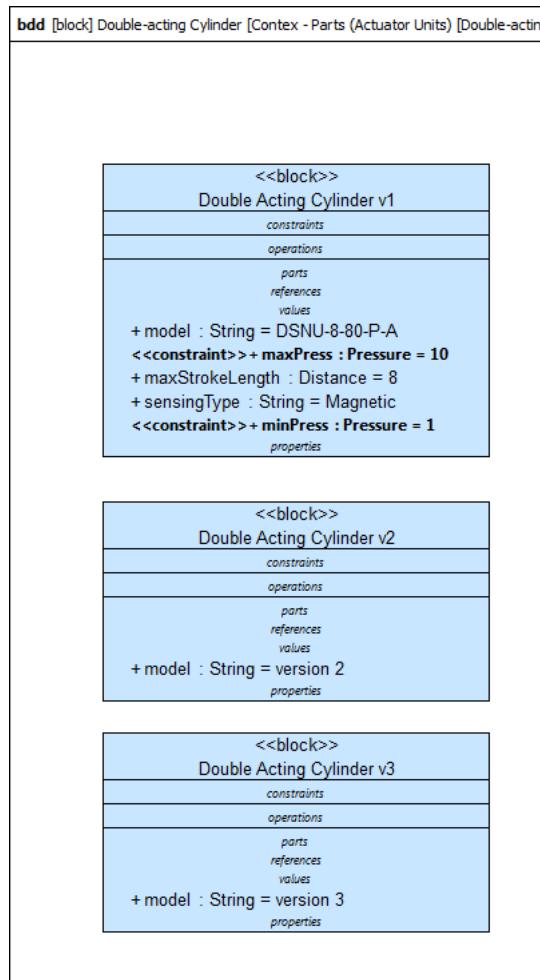


Σχήμα Α'.104: Οι αισθητήρες διάχυσης του μοντέλου Υλοποίησης

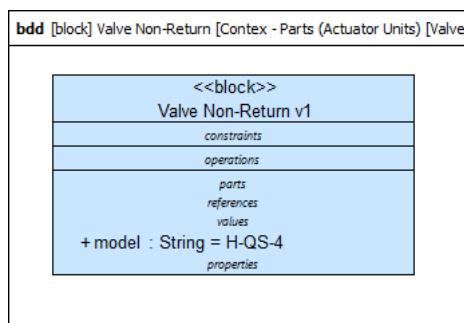


Σχήμα Α'.105: Η ιεραρχική διάρθρωση των ενεργοποιητών στο μοντέλο Υλοποίησης

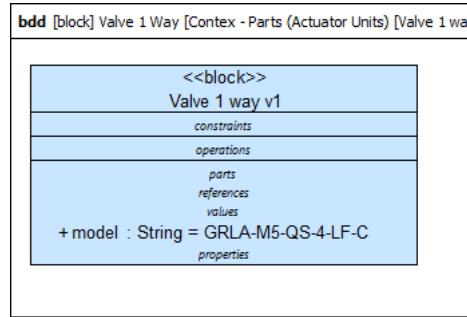
Κεφάλαιο A'



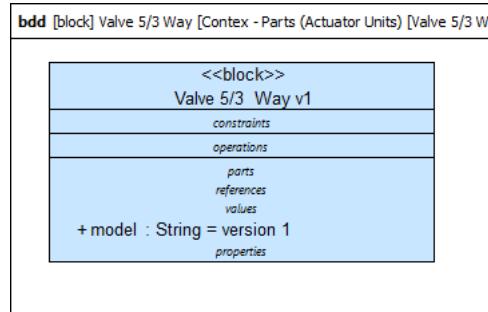
Σχήμα A'.106: Οι πνευματικοί κύλινδροι του μοντέλου Υλοποίησης



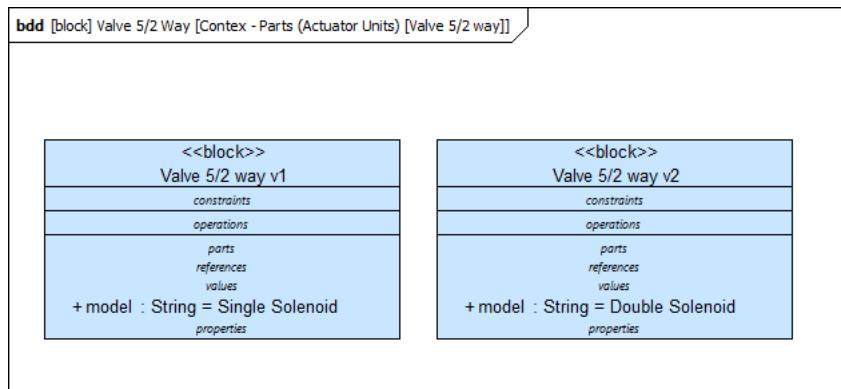
Σχήμα A'.107: Οι βαλβίδες χωρίς επιστροφή του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.108: Οι βαλβίδες μίας κατεύθυνσης του μοντέλου Υλοποίησης

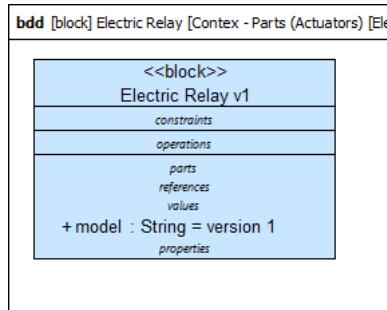


Σχήμα Α'.109: Οι βαλβίδες 5/3 του μοντέλου Υλοποίησης

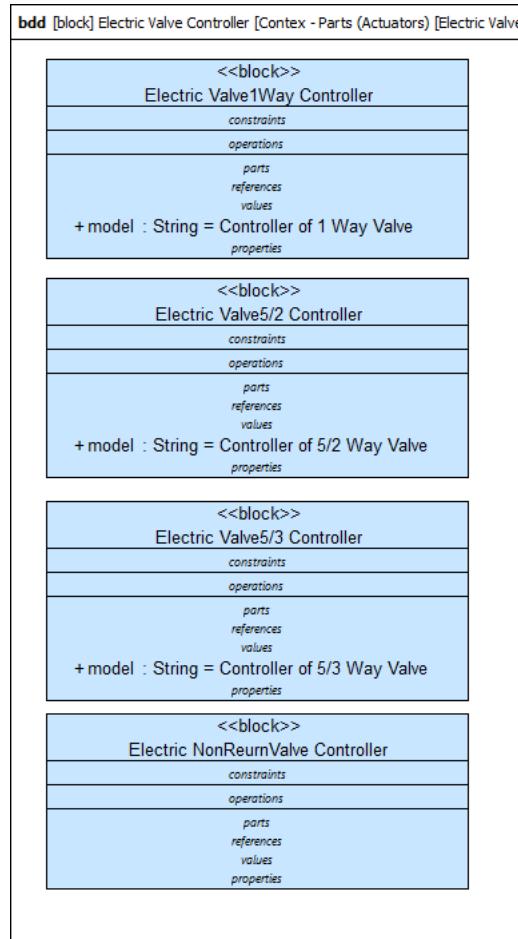


Σχήμα Α'.110: Οι βαλβίδες 5/2 του μοντέλου Υλοποίησης

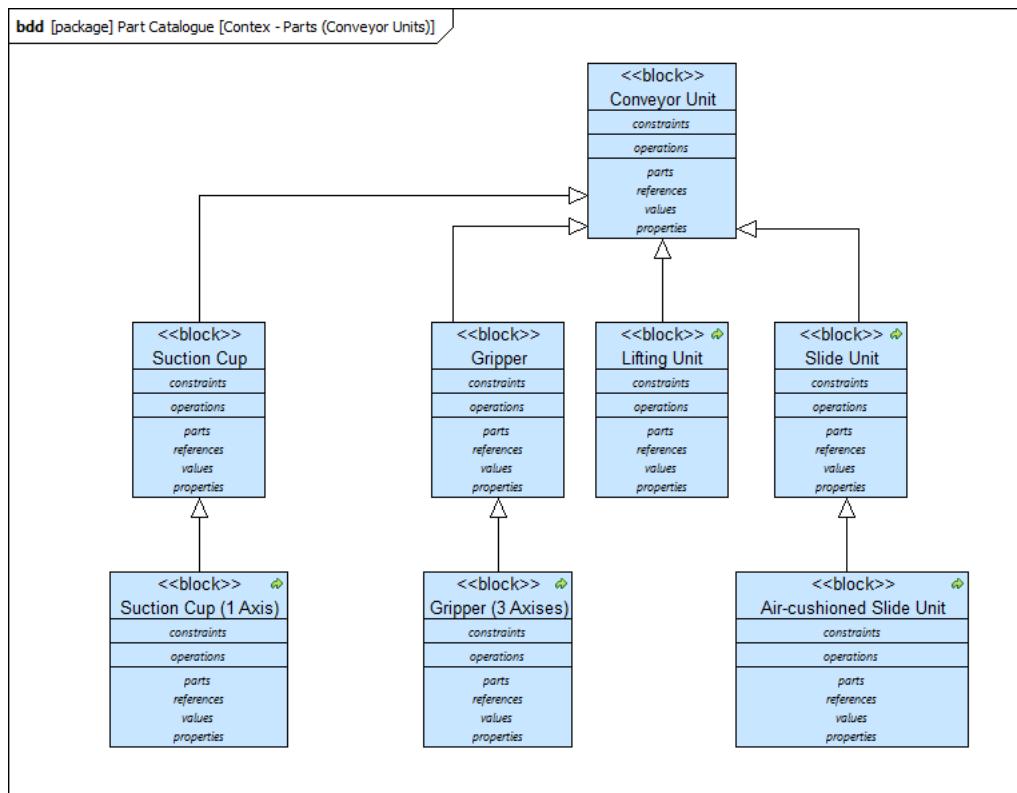
Κεφάλαιο A'



Σχήμα Α'.111: Τα πλεκτρικά ρελέ του μοντέλου Υλοποίησης

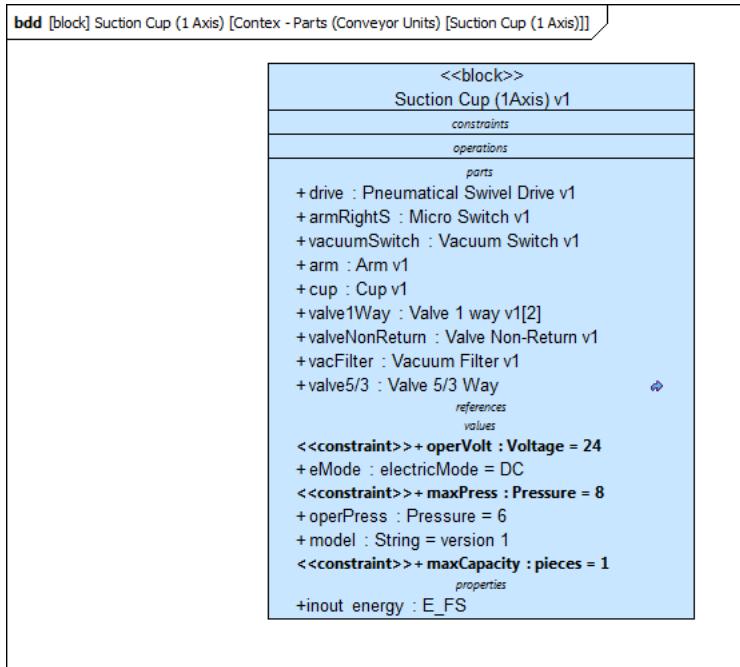


Σχήμα Α'.112: Οι ελεγκτές πλεκτρικών βαλβίδων του μοντέλου Υλοποίησης

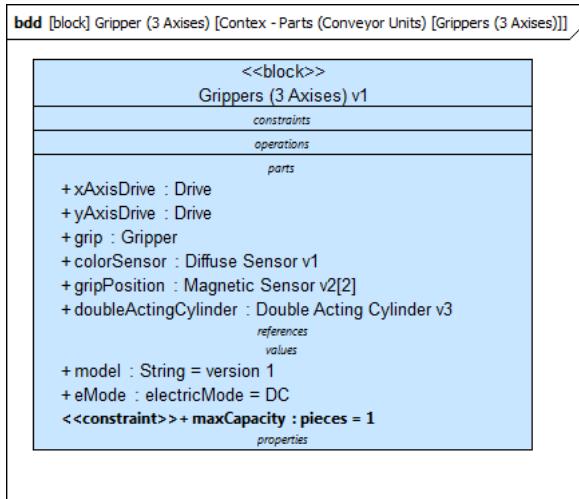


Σχήμα A.113: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων μεταφοράς στο μοντέλο Υλοποίησης

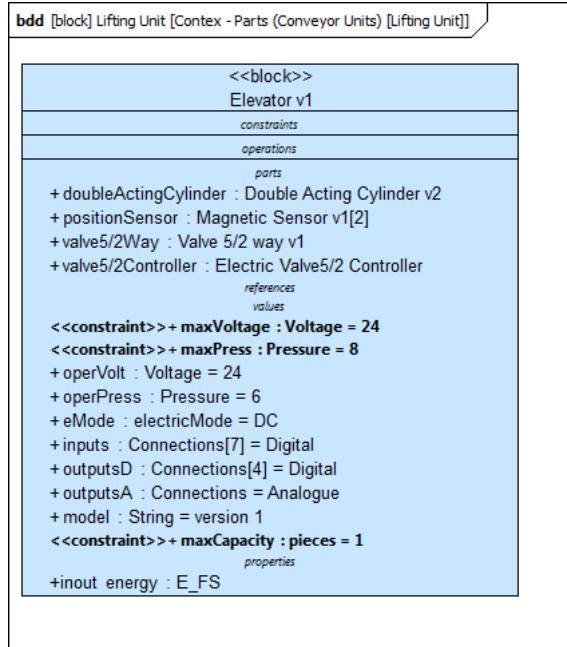
Κεφάλαιο Α'



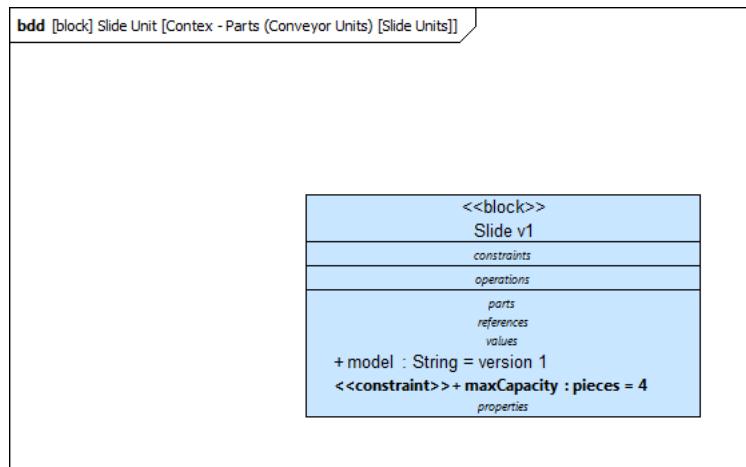
Σχήμα Α'.114: Οι μονάδες μεταφοράς με βεντούζα κενού του μοντέλου Υλοποίησης



Σχήμα Α'.115: Οι μονάδες μεταφοράς με δαγκάνα του μοντέλου Υλοποίησης

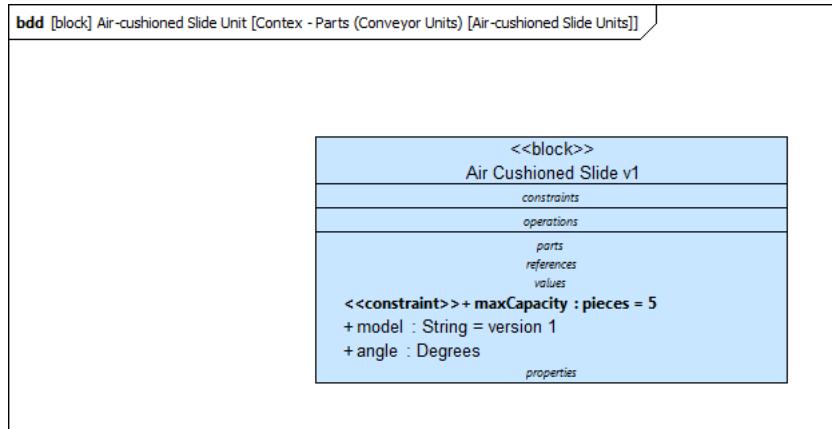


Σχήμα A'.116: Οι μονάδες ανύψωσης του μοντέλου Υλοποίησης

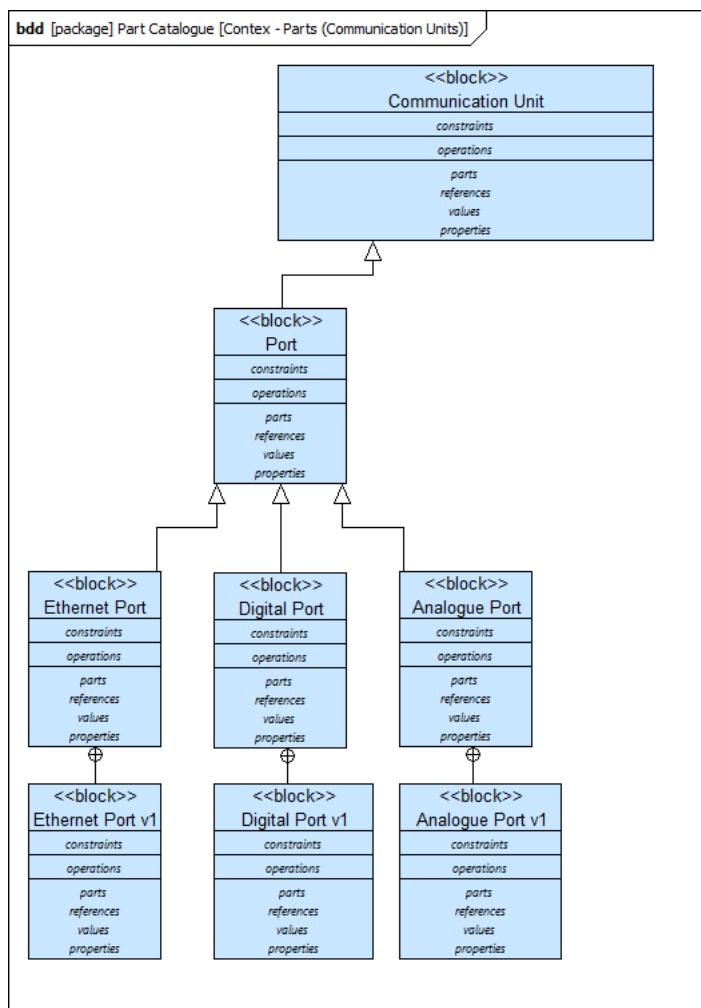


Σχήμα A'.117: Οι πλατφόρμες κύλισης του μοντέλου Υλοποίησης

Κεφάλαιο Α'

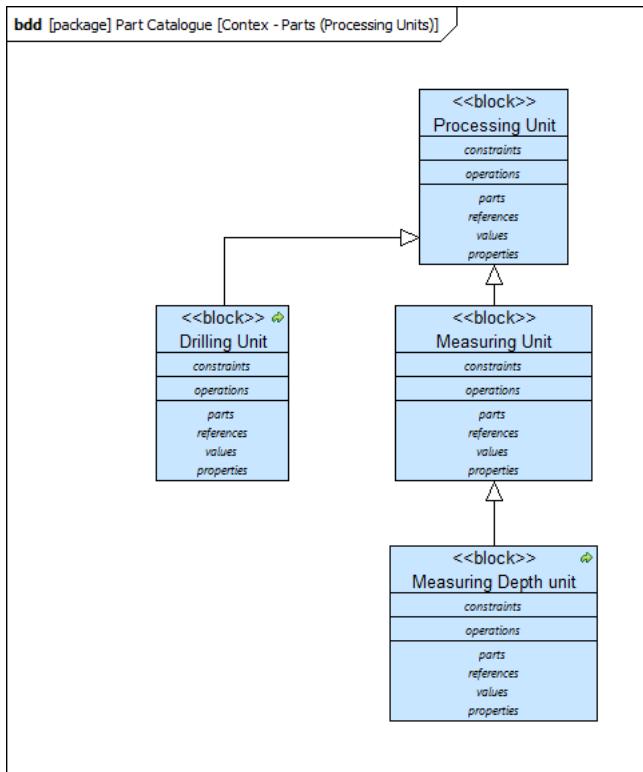


Σχήμα Α'.118: Οι πλατφόρμες κύλισης με εξομάλυνση αέρα του μοντέλου Υλοποίησης

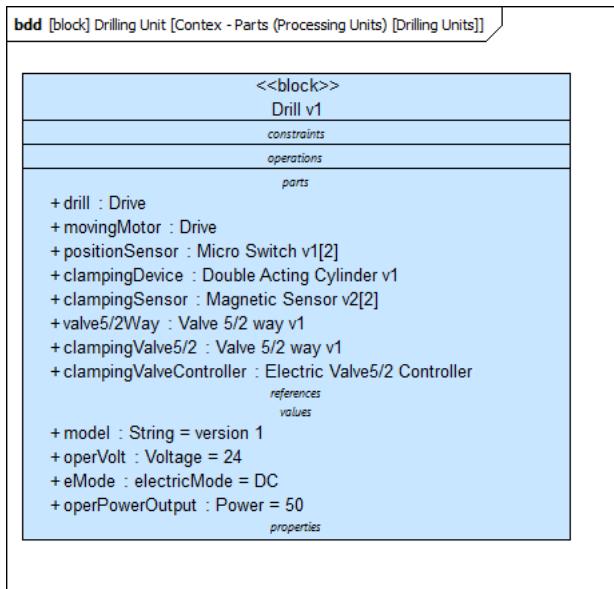


Σχήμα A.119: Οι συσκευές επικοινωνίας στο μοντέλο Υλοποίησης

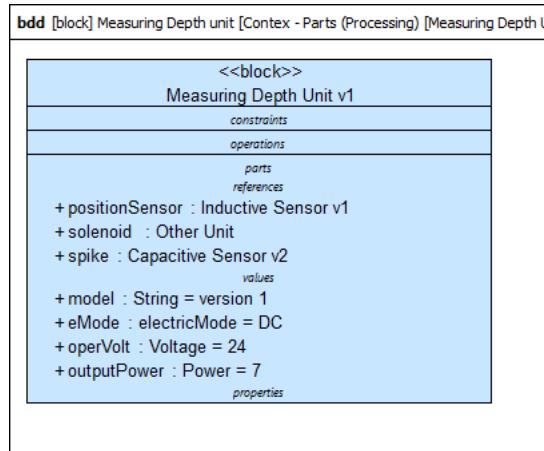
Κεφάλαιο A'



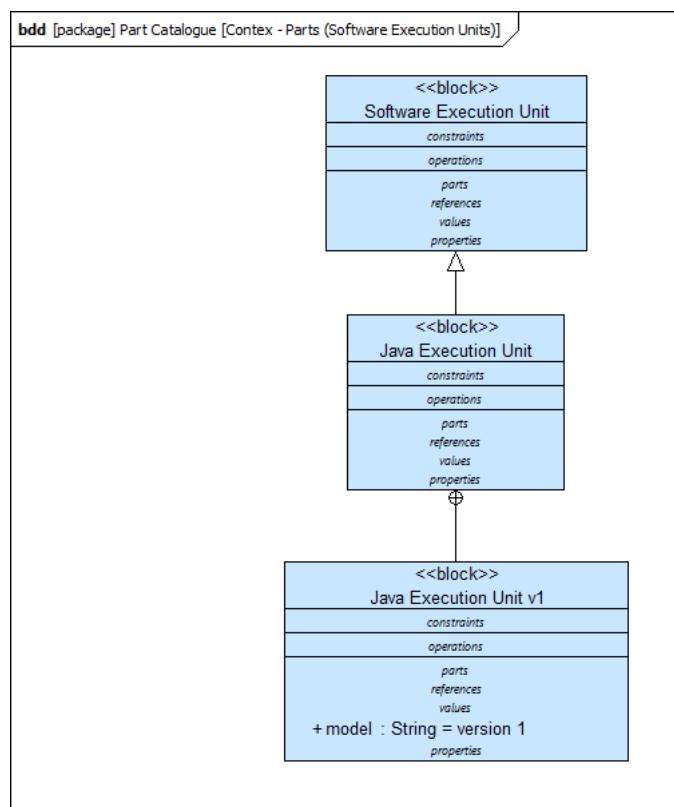
Σχήμα Α'.120: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων λειτουργίας στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.121: Οι μονάδες διάτροπσης του μοντέλου Υλοποίησης

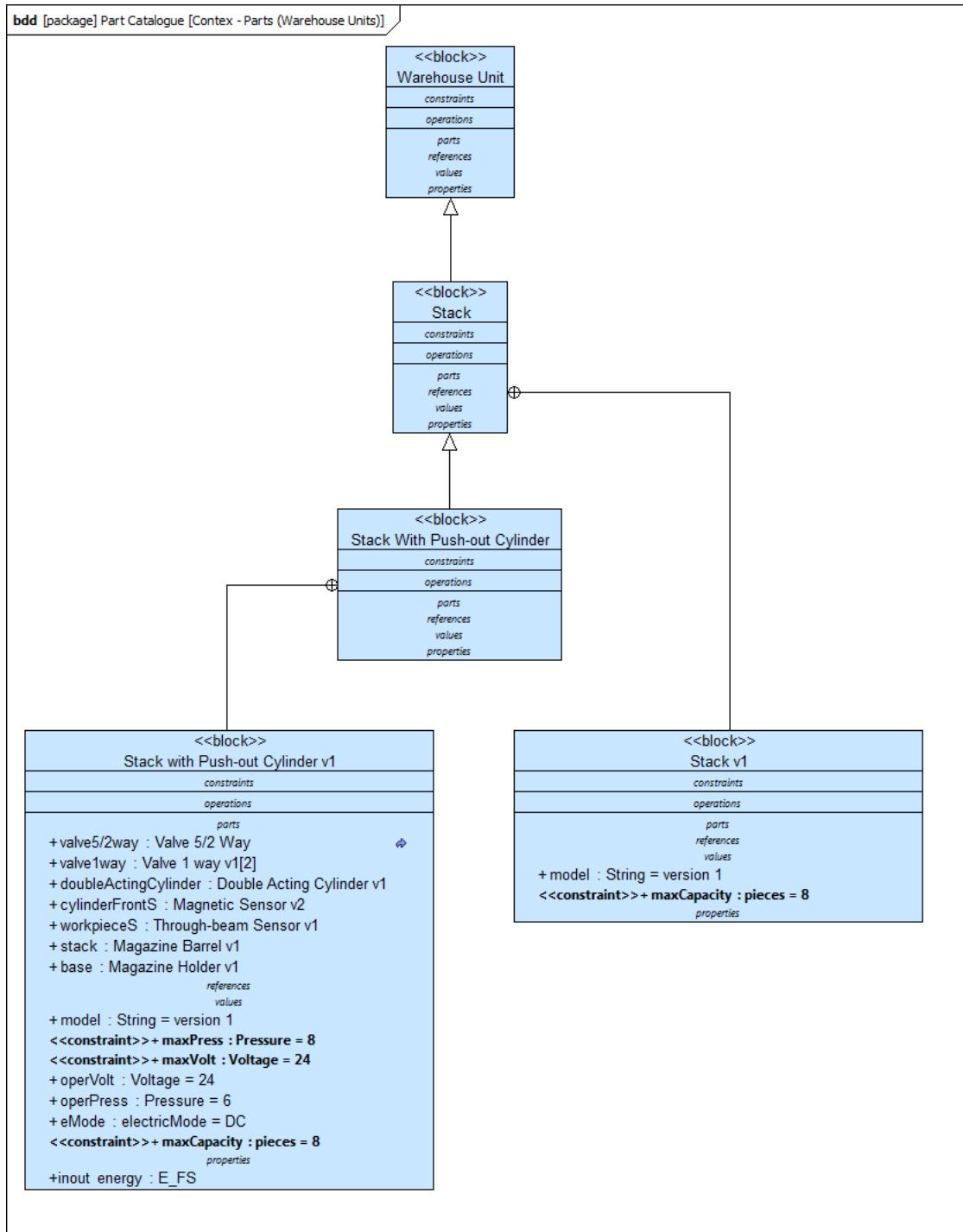


Σχήμα Α'.122: Οι μονάδες μέτρησης βάθους του μοντέλου Υλοποίησης

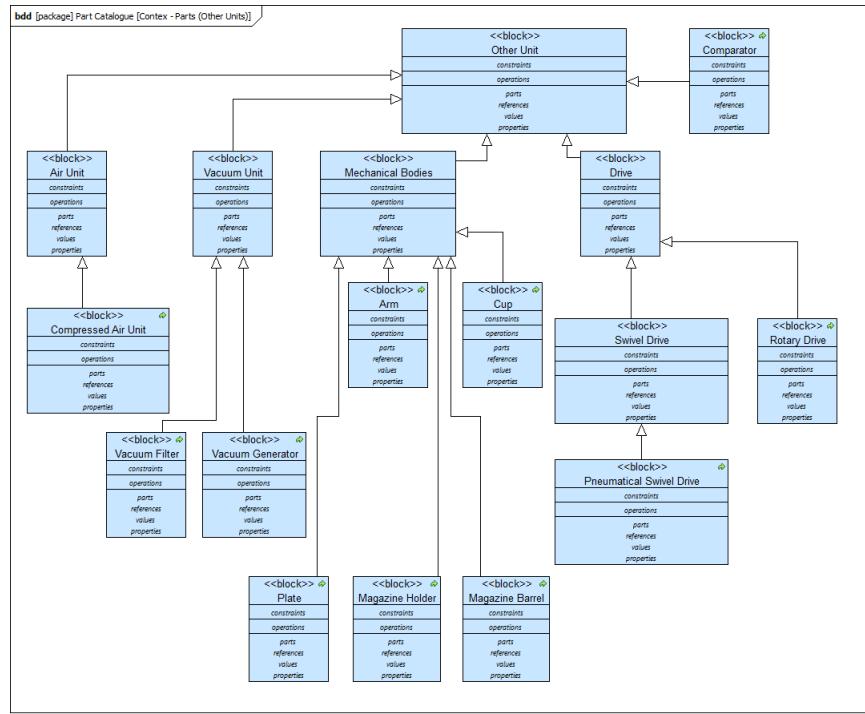


Σχήμα Α'.123: Η ιεραρχική διάρθρωση των μονάδων λογισμικού στο μοντέλο Υλοποίησης

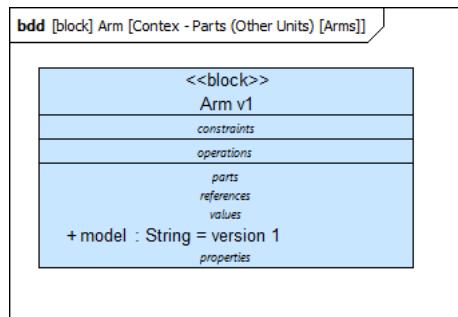
Κεφάλαιο Α'



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

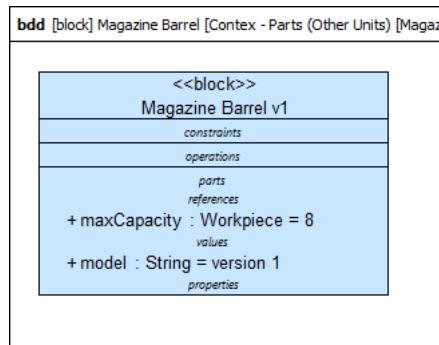


Σχήμα Α'.125: Η ιεραρχική διάρθρωση των λοιπών μονάδων στο μοντέλο Υλοποίησης

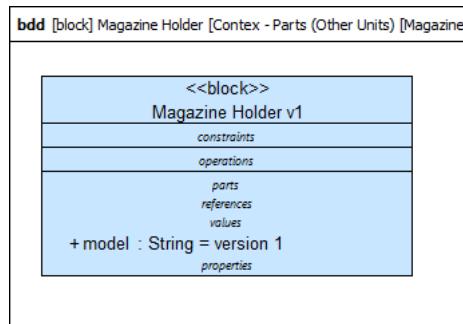


Σχήμα Α'.126: Οι βραχίονες στο μοντέλο Υλοποίησης

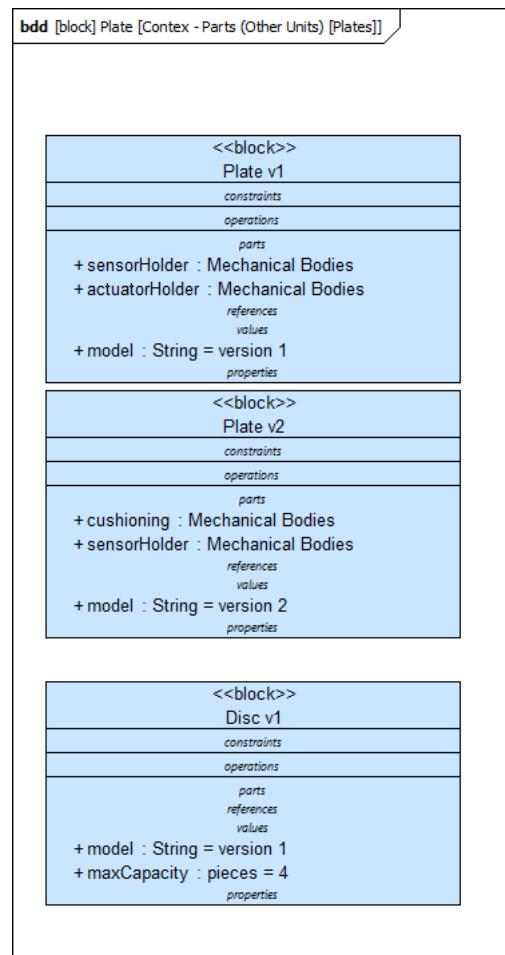
Kεφάλαιο A'



Σχήμα A'.127: Οι στοιβες στο μοντέλο Υλοποίησης

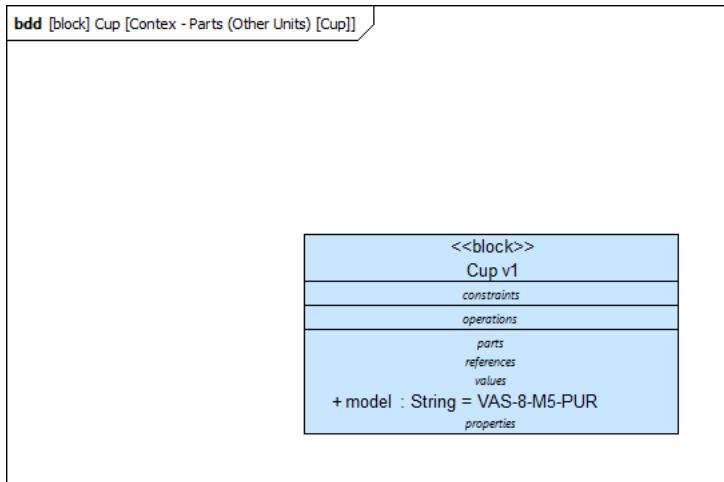


Σχήμα A'.128: Οι βάσεις στοιβών στο μοντέλο Υλοποίησης

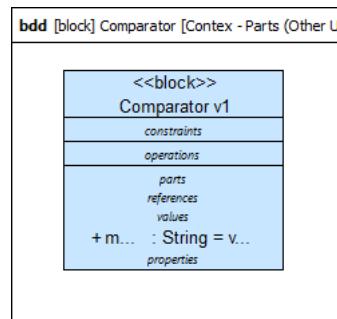


Σχήμα A.129: Βάσεις στο μοντέλο Υλοποίησης

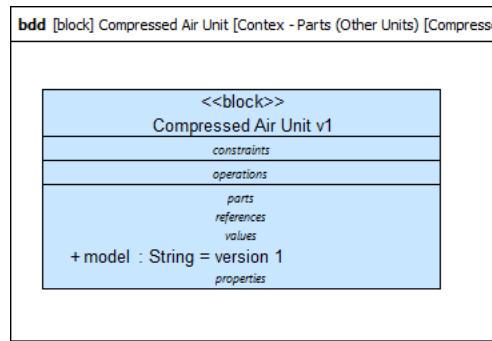
Κεφάλαιο A'



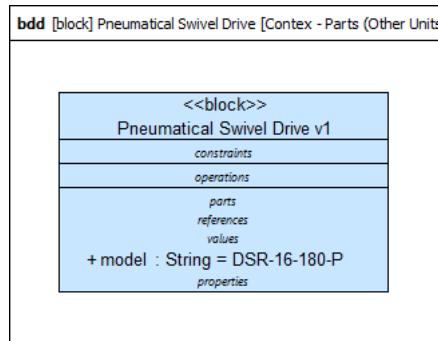
Σχήμα A'.130: Οι βεντούζες στο μοντέλο Υλοποίησης



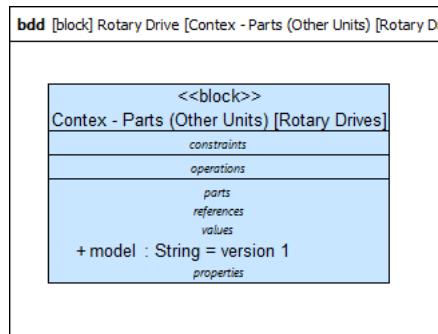
Σχήμα A'.131: Οι συγκριτές στο μοντέλο Υλοποίησης



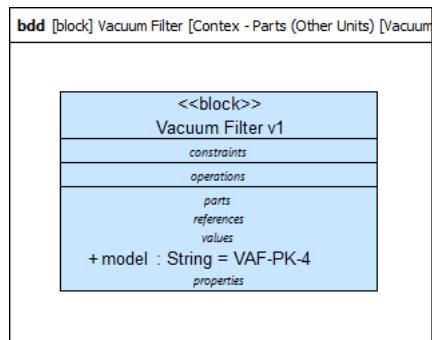
Σχήμα A'.132: Οι μονάδες πεπιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης



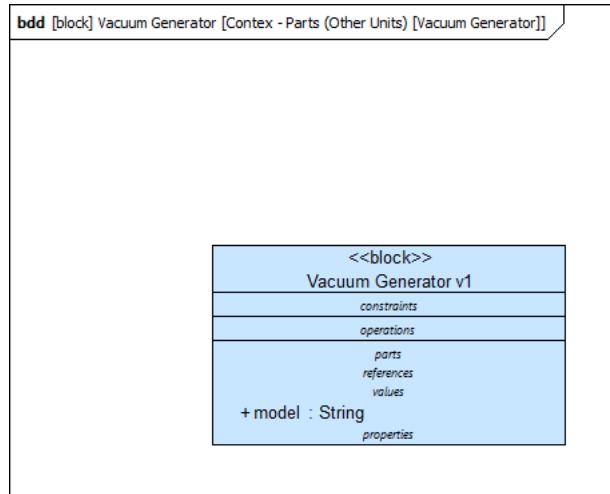
Σχήμα Α'.133: Οι κινητήρες πεπτιεσμένου αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.134: Οι ηλεκτρικοί κινητήρες στο μοντέλο Υλοποίησης



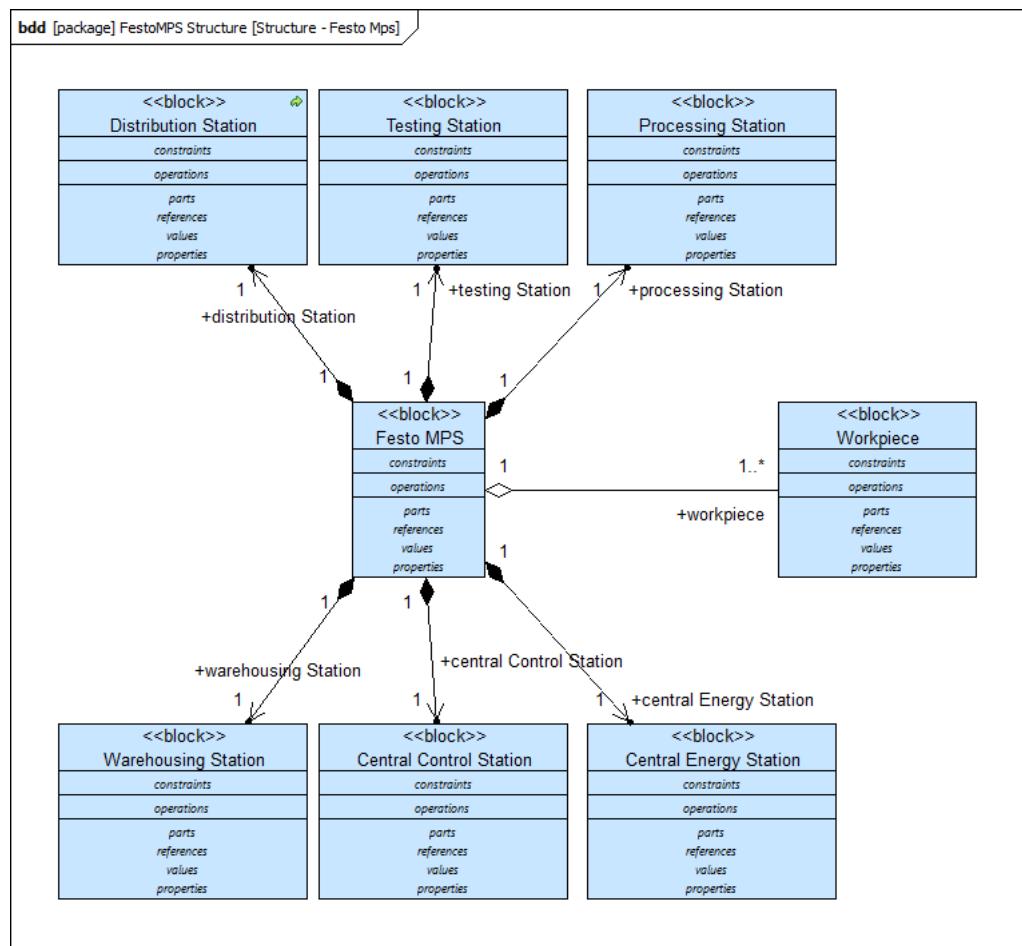
Σχήμα Α'.135: Τα φίλτρα αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης



Σχήμα Α'.136: Οι γεννήτριες κενού στο μοντέλο Υλοποίησης

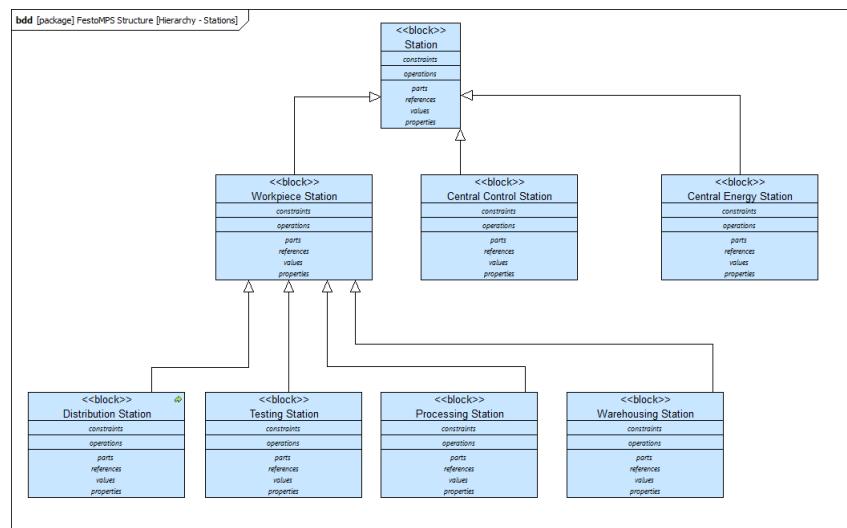
A'.3.2 Πακέτο απαιτήσεων - Requirements package

A'.3.3 Πακέτο δομής - Structure package

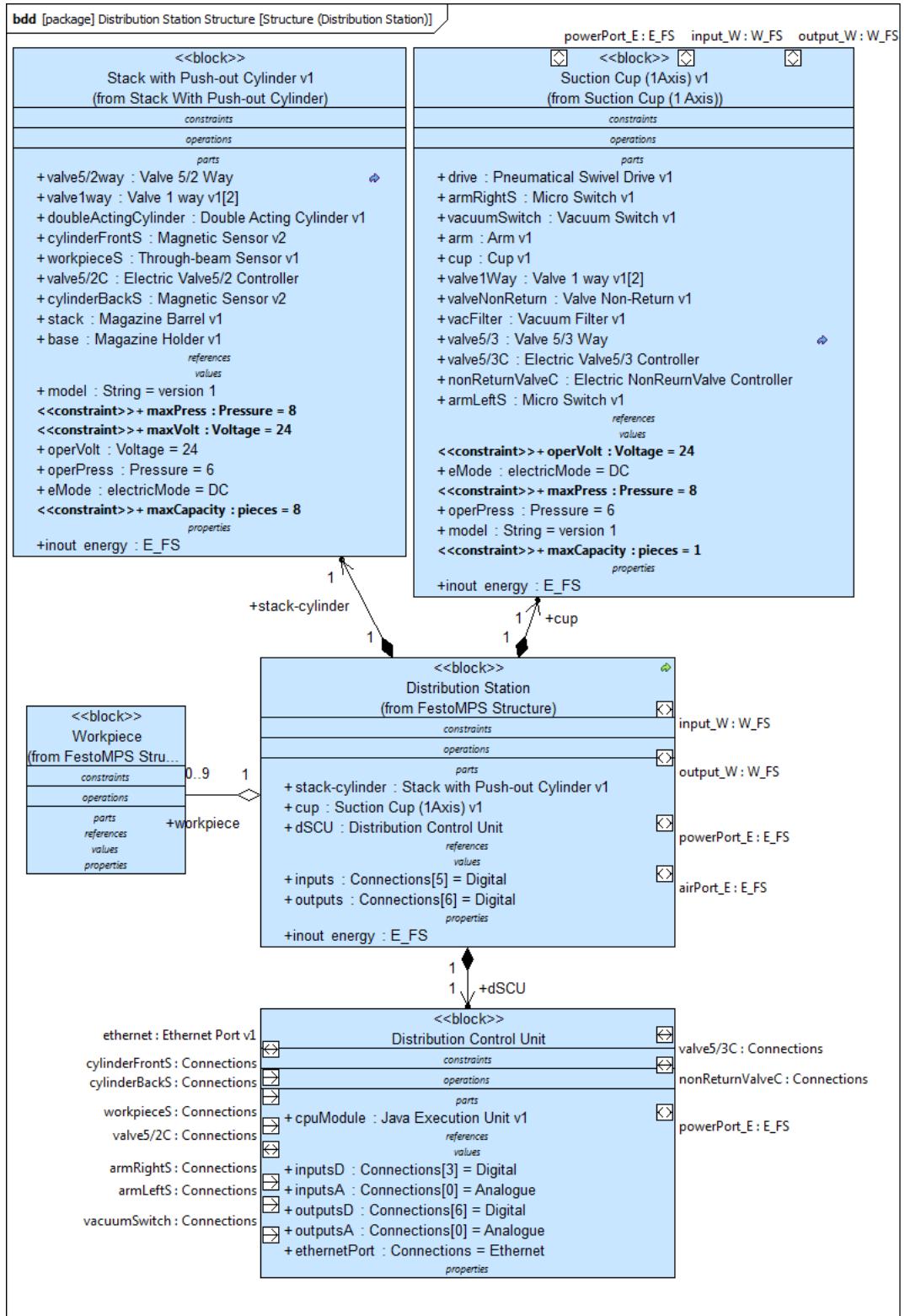


Σχήμα A'.137: Η δομή του Festo MPS στο μοντέλο Υλοποίησης

Κεφάλαιο A'

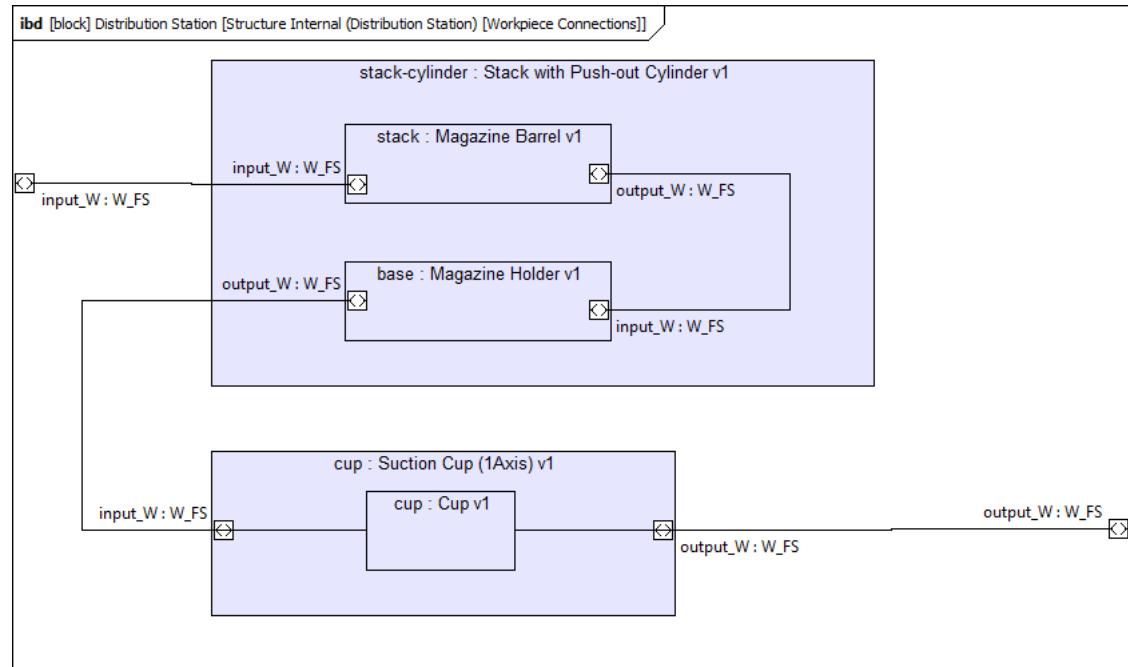


Σχήμα A'.138: Η ιεραρχική διάρθρωση των σταθμών στο μοντέλο Υλοποίησης

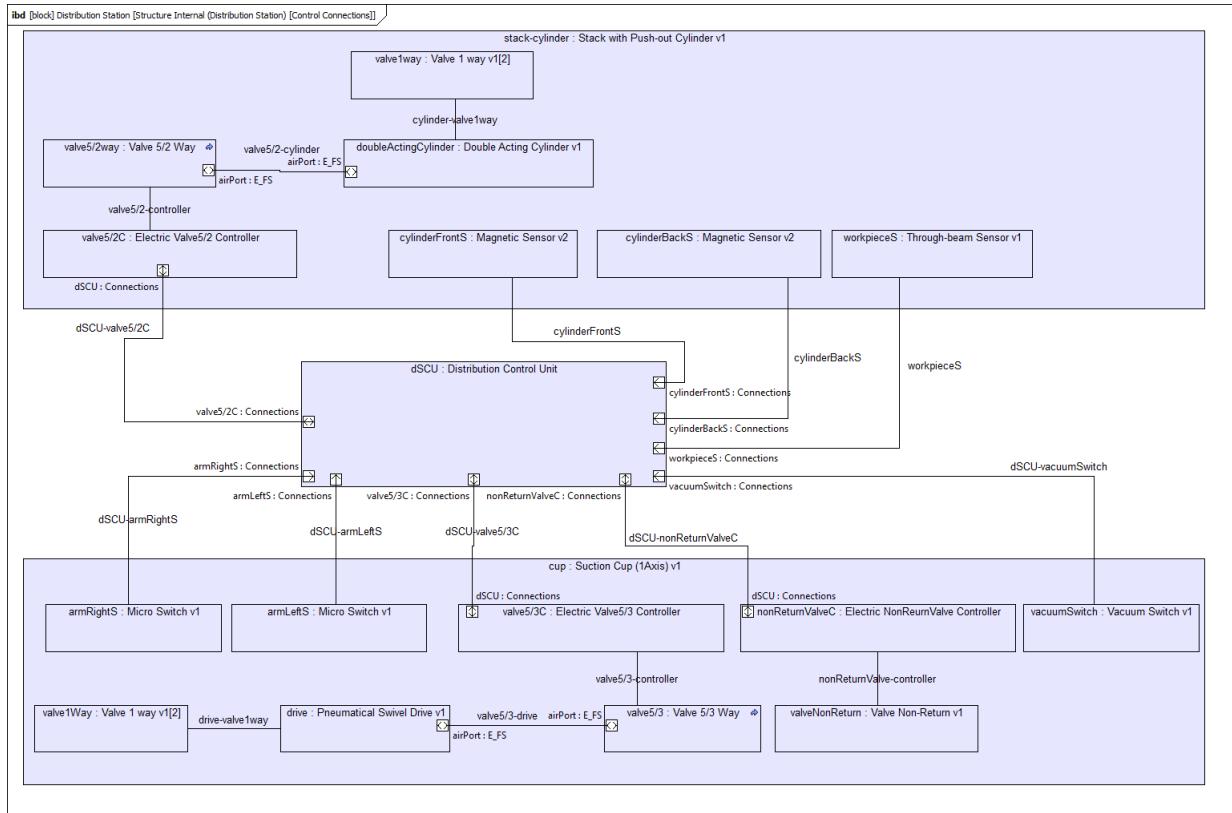


Σχήμα Α'139: Η δομή του σταθμού διανομής στο μοντέλο Υλοποίησης
158

Κεφάλαιο A'



Σχήμα A.140: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τις πρώτες ύλες στο μοντέλο Υλοποίησης

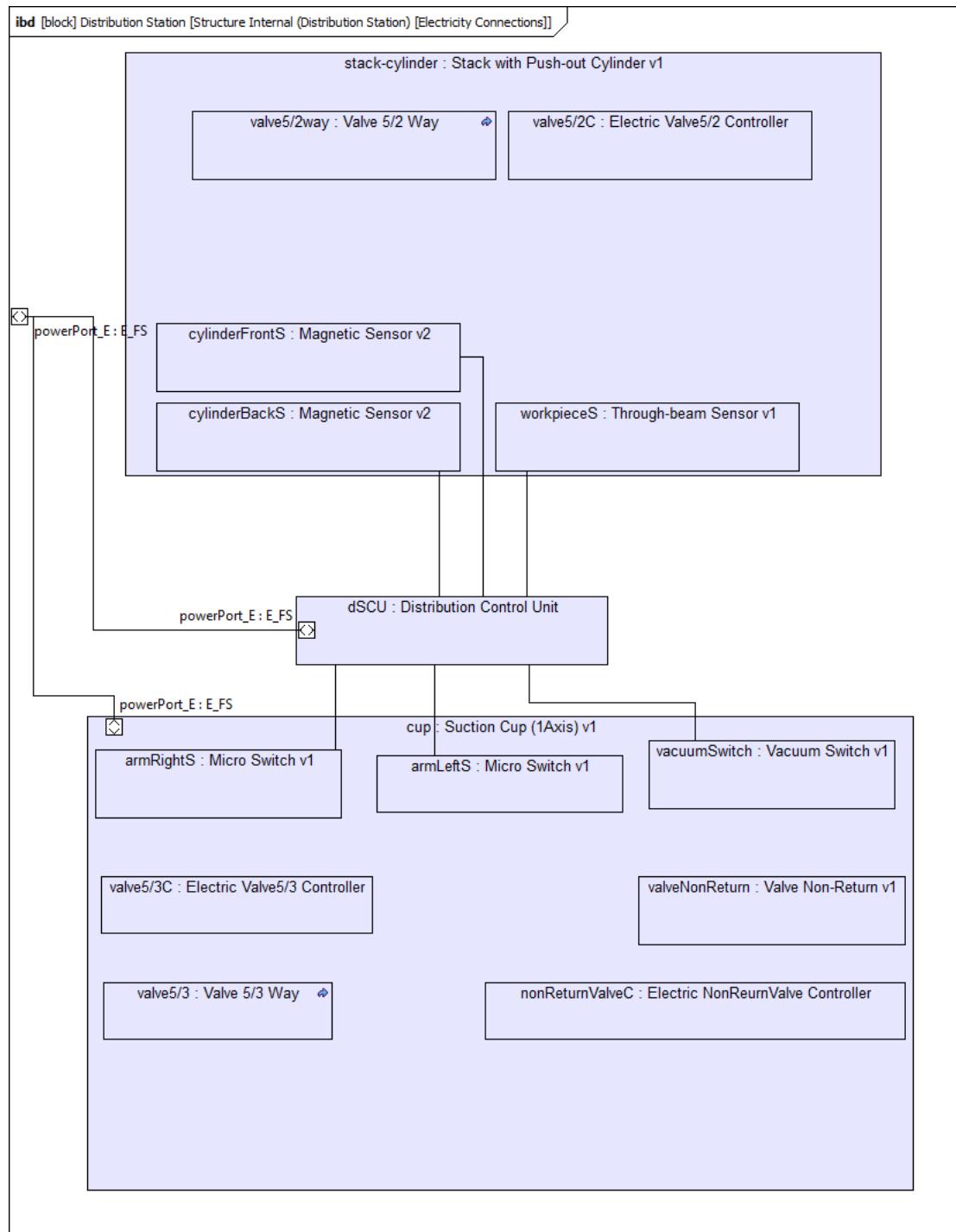


Σχήμα Α'.141: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τον έλεγχο στο μοντέλο Υλοποίησης

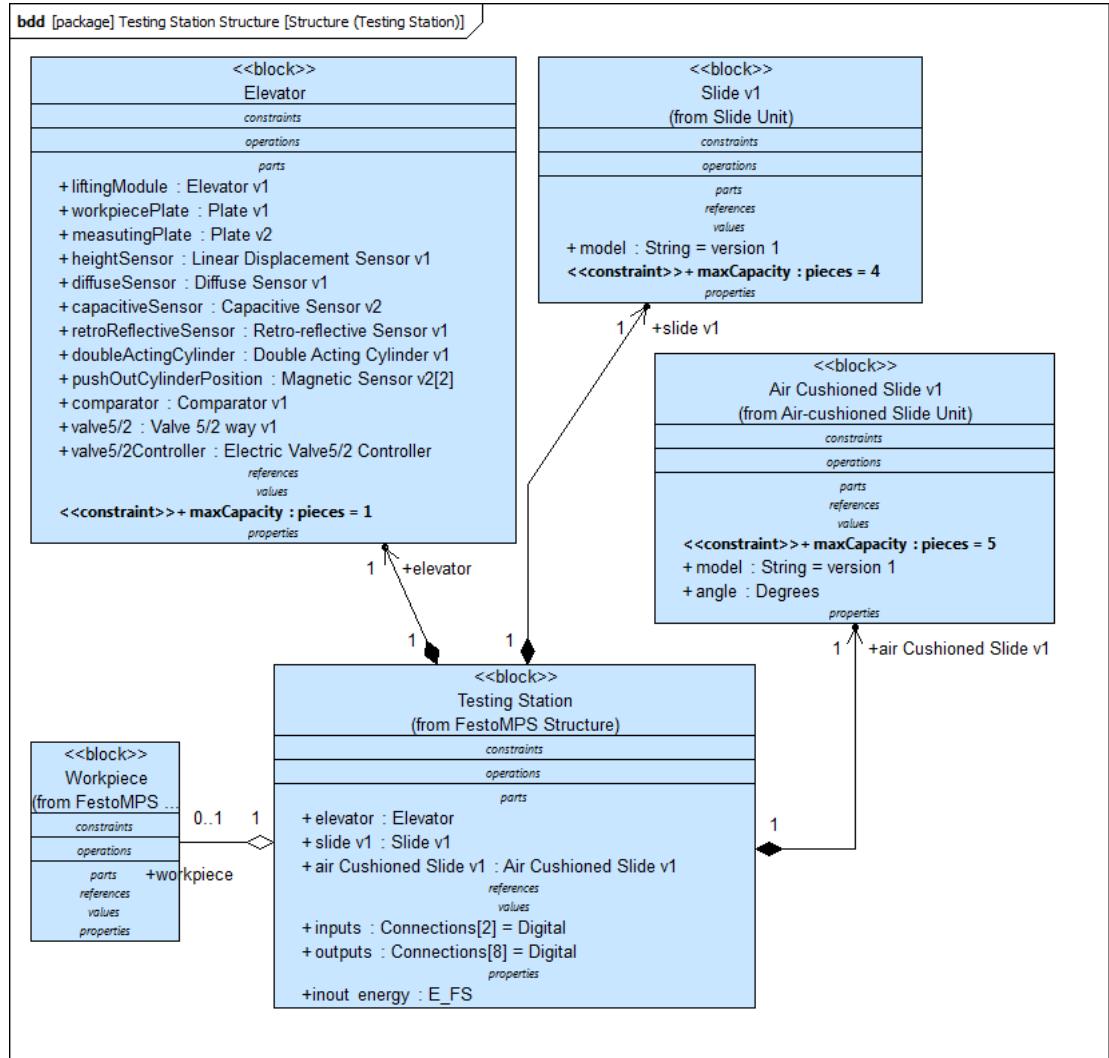


Σχήμα Α'.142: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή αέρα στο μοντέλο Υλοποίησης

Κεφάλαιο Α'

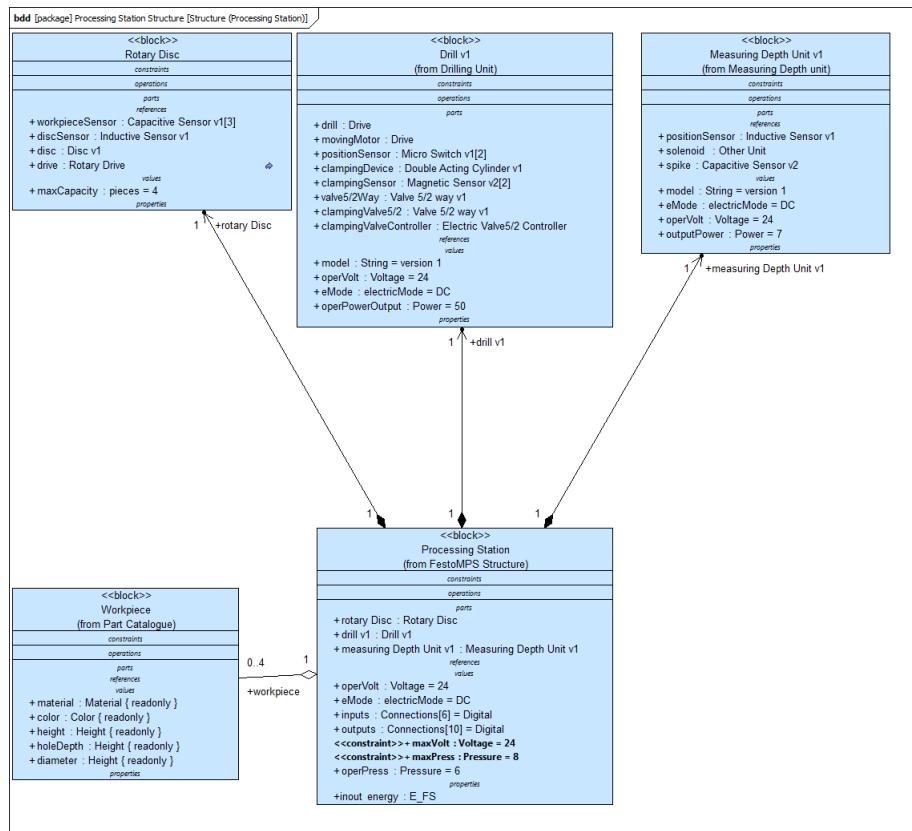


Σχήμα Α'.143: Η εσωτερική δομή του σταθμού διανομής αναφορικά με τη διανομή πλεκτρικής ενέργειας στο μοντέλο Υλοποίησης

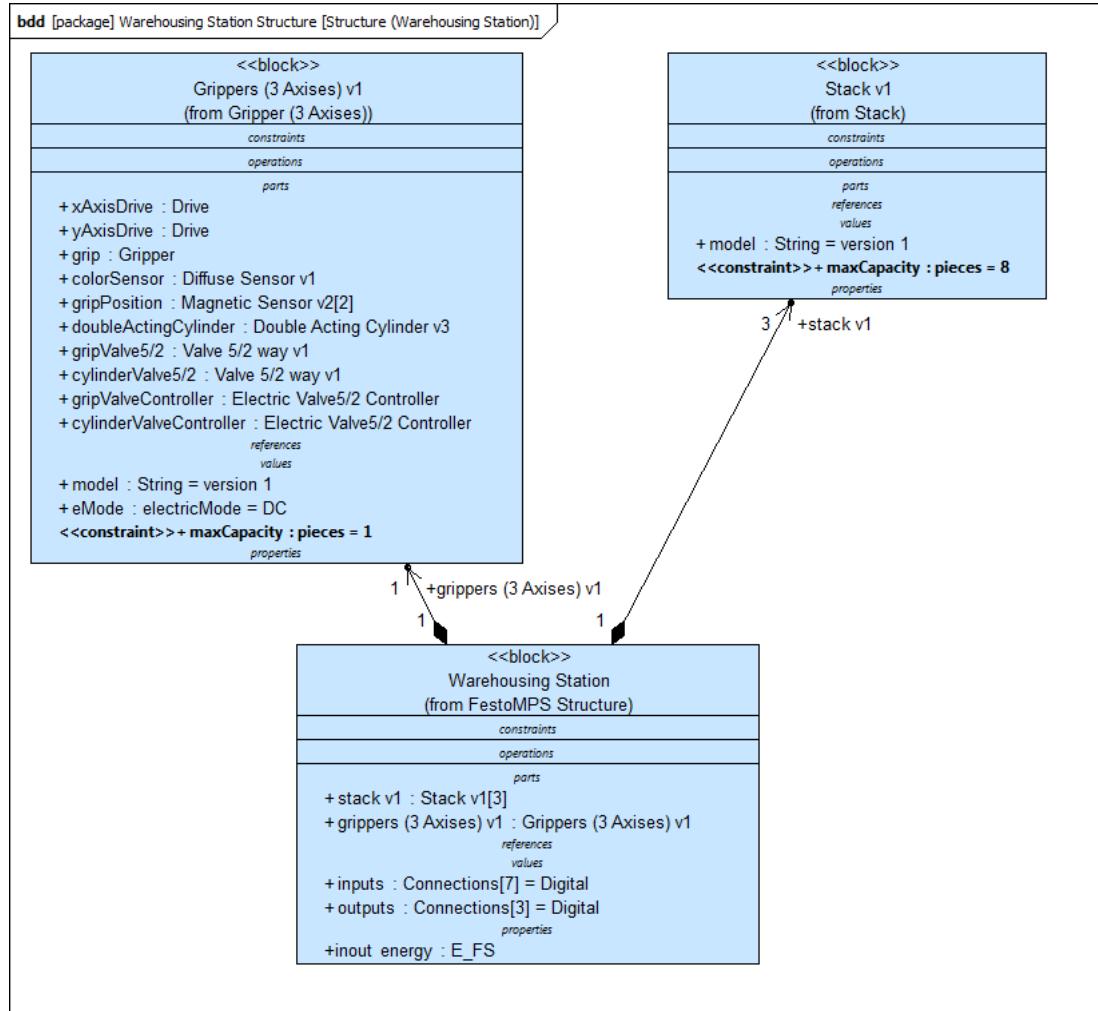


Σχήμα A.144: Η δομή του σταθμού ελέγχου στο μοντέλο Υλοποίησης

Kεφάλαιο A'



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



Σχήμα Α'.146: Η δομή του σταθμού αποθήκευσης στο μοντέλο Υλοποίησης

A'.3.4 Πακέτο λειτουργίας - Behaviour package

A'.4 Εξομοιωτής Festo MPS®

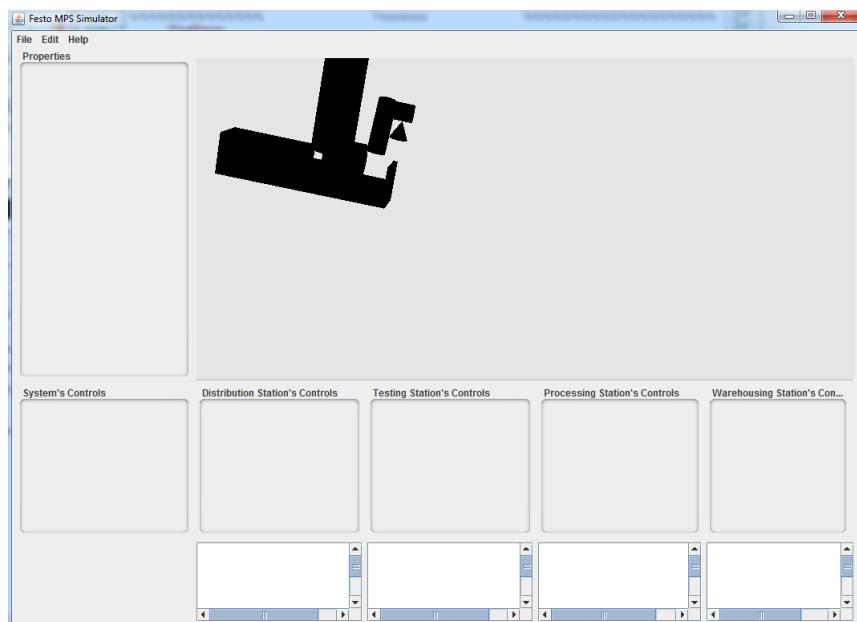
Κεφάλαιο Α'

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'.147: Η γραφική διεπαφή του εξομοιωτή

Παράρτημα Β'

Takos System

B'.1 Takos 1

B'.1.1 Takos 1.1

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- [1] 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. 34, 37–39, 43, 45, 46, 51–54).
- [2] Αικατερίνη Αρετάκη. “Η UML στην ανάπτυξη ενσωματωμένων συστημάτων”. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2009 (cit. on pp. 34, 39, 46, 53).

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- [3] Loyd Baker et al. *Foundational Concepts for Model Driven System Design*. paper. Model Driven System Design Working Group, INCOSE, 1996 (cit. on pp. 17, 20–22).
- [4] L. Balmelli et al. “Model-driven systems development”. In: *IBM Systems Journal* 45.3 (2006) (cit. on pp. 18, 23).
- [5] 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. 36).
- [6] 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. 34, 38).
- [7] 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-lineair-drive.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC42MDYuMzk0Ng> (cit. on pp. 53, 55).
- [8] 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. 35, 40, 50, 54).
- [9] 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/p>

- rocessing-station-purely-electrical.htm (cit. on pp. 46, 48, 50–52).
- [10] 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=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMi4xMDkzLjU2MjM> (cit. on p. 35).
 - [11] 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. 39, 42, 44–46).
 - [12] 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. 15).
 - [13] 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. 29).
 - [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. 63).
 - [15] Martin Hirsch and Marco Helwig. *FESTO - Modular Production System*. lastly accessed : 08-2011. 2005. URL: <http://www.ece.uckland.ac.nz/~vyatkin/halle/index.htm> (cit. on p. 32).
 - [16] Incose. *Systems Engineering Handbook v.3. A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*. 2006 (cit. on p. 15).
 - [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 p. 65).
 - [18] Jr. Loyd Baker. *Lessons Learned Applying Model-Based System Engineering Methods to a Strategic Planning Activity*. Vitech Corporation, Huntsville, Alabama (cit. on p. 24).
 - [19] G. E. Mogyorodi. “What Is Requirements-Based Testing?” In: *Crosstalk, The Journal of Defense Software Engineering* 16.3 (03–2003) (cit. on p. 18).

- [20] 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 p. 64).
- [21] 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 p. 64).
- [22] Mauro Prevostini and Elena Zamsa. *SysML Profile for SoC Design and SystemC Transformation*. Faculty of Informatics, University of Lugano, 05/11/2007 (cit. on p. 64).
- [23] 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. 16, 20, 28).
- [24] 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, 05/2010 (cit. on pp. 16, 19).
- [25] 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, 03/2010 (cit. on pp. 24, 62, 63).

Γλωσσάρι

Model Driven System Design Σχεδιασμός συστημάτων βασιζόμενος στην χρήση μοντέλων. 21, 177

Systems Modeling Language Γλώσσα μοντελοποίησης συστημάτων. 177

Μηχανικός συστημάτων *****. 33

Συντομογραφίες

Mdsd Model Driven System Design. βλπ γλωσσάρι. 21

SysML Systems Modeling Language. βλπ γλωσσάρι. 28, 33

UML Unified Modeling Language. 28

Λεξικό αγγλικών όρων

- έμβολο εκτίναξης ejecting cylinder. 40
- έμβολο πεπιεσμένου αέρα δύο κατευθύνσεων double-acting cylinder. 34
- αισθητήρας ανάκλασης retro-reflective sensor. 40
- αισθητήρας κενού vacuum switch. 34
- αισθητήρας προσέγγισης proximity sensor. 40
- αναλογικός αισθητήρας analogue sensor. 40
- βαλβίδα ελέγχου πεπιεσμένου αέρα μίας κατεύθυνσης one-way flow control valves. 37
- βεντούζα suction cup. 34
- γραμμικό έμβολο linear cylinder. 40
- επαγωγικός αισθητήρας inductive sensor. 40
- ηλεκτρομαγνητική διάταξη solenoid. 48
- μαγνητικός αισθητήρας magnetic sensor. 40
- μπχανί γραναζωτής σύμπλεξης συνεχούς ζεύματως dc gear motor. 47
- μικροδιακόπτης micro switch. 38
- μονάδα μεταφοράς changer module. 34
- πλατφόρμα κύλισης slide. 40
- πλατφόρμα κύλισης με εξομάλυνση αέρα air cushioned slide. 40

πνευματικό έμβολο pneumatic cylinder. 40

φωτοκύτταρο through-beam sensor. 34

Ευρετήριο

- Ansi C, 21
- behaviour
 - package, 79, 112, 165
- context, 68, 85, 125
- Festo Didactic, 31
- model
 - analysis, 56, 85
 - conception, 56, 68
 - design, 125
 - implementation, 56
- package
 - behaviour, 79, 112, 165
 - requirements, 71, 90, 156
 - structure, 78, 101, 156
- requirements
 - package, 71, 90, 156
- SLDL, 21
- SpecC, 21
- structure
 - package, 78, 101, 156
- System-Level Design Languages, 21
- έμβολο
 - γραμμικό, 40
 - διπλίς κατεύθυνσης, 37
 - εκτίναξης, 40
- ιλεκτρικό, 48
- πνευματικό, 40, 53
- αισθητήρας
 - ανάκλασης, 40
 - αναλογικός, 40
 - επαγωγικός, 37, 40, 48
 - κενού, 38
 - μαγνητικός, 40
 - οπτικός, 40
 - προσέγγισης, 40, 48
- απαιτήσεις
 - πακέτο, 71, 90, 156
- βαλβίδα, 37
- βεντούζα, 34
- βραχίονας, 34
- δαγκάνα
 - πνευματική, 53
- διακόπτης
 - ιλεκτρικός, 48
 - τερματικός, 48
- δομή
 - πακέτο, 78, 101, 156
- εξομοιωτής, 166
- επαγωγικός αισθητήρας, 37
- ιλεκτρομαγνητική διάταξη, 48
- ιμάντας, 48
- ιχνηλασμότητα, 24
- κινητήρας
 - πνευματικός, 37
- κυλινδρικά τεμάχια, 33
- λειτουργία

- πακέτο, 79, 112, 165
μέθοδος
παραδοσιακή, 18
μπχανί
συνεχούς ρεύματος, 47
μικροδιακόπτης, 38
μονάδα
αναγνώρισης, 40
ανύψωσης, 40
αποθήκευσης, 53
διάτροπης, 48
ελέγχου, 48
κύλισης, 41
κύλισης με εξομάλυνση
αέρα, 41
μέτρησης, 41
μεταφοράς, 37, 53
περιστροφής, 47
μοντέλο, 24
ανάλυσης, 56, 85
συστήματος ελέγχου, 57
σύλληψης, 56, 68
υλοποίησης, 56, 125
οδοντωτός ψάντας, 48
πακέτο
απαιτήσεις, 71, 90, 156
δομής, 78, 101, 156
λειτουργίας, 79, 112, 165
παραδοσιακή μέθοδος, 18
περιστροφική κίνηση, 37
πλατφόρμα κύλισης
εξομάλυνση αέρα, 40
προδιαγραφές, 18
πρώτη ώλη, 33
πυρηνικά απόβλητα, 24
σταθμός
αποθήκευσης, 53
διανομής, 34
ελέγχου, 39
επεξεργασίας, 46
στοίβα αποθήκευσης, 34
τεμάχια, 33
τρυπάνι, 48
φωτοκύτταρο, 37
χώρος υλοποίησης, 68, 85, 125