

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗ ΠΤΗΣΕΩΝ  
BOEING 737-400 ΤΗΣ ΟΛΥΜΠΙΑΚΗΣ  
ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ**



**ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΑΝΤΩΝΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ**

**ΧΑΝΙΑ 2005**

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗ ΠΤΗΣΕΩΝ  
BOEING 737-400 ΤΗΣ ΟΛΥΜΠΙΑΚΗΣ  
ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ**

ΣΤΑΥΡΟΥΛΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΑΝΤΩΝΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΧΑΝΙΑ 2005

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Δρα Μανώλη Αντωνιδάκη, αναπληρωτή καθηγητή του Τομέα Αυτοματισμών του Τμήματος Ηλεκτρονικής, τον οποίο και ευχαριστώ ολόψυχα για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της μελέτης.

Επίσης ευχαριστώ θερμά την Ολυμπιακή Αεροπορία στην οποία εργάστηκα ως Ηλεκτρονικός επί πέντε συναπτά έτη στο τμήμα AVIONICS, τομέα RADIO καθώς και στον τομέα τεχνικής υποστήριξης του εξομοιωτή πτήσεων BOEING 737-400 της Τεχνικής Διεύθυνσης. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους προϊσταμένους και συνάδελφούς μου για την πολύτιμη συνδρομή και υποστήριξη τους στην εκτέλεση της πτυχιακής μου διατριβής.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΩΝ .....	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	9

### ΜΕΡΟΣ I

<b>1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗ ΠΤΗΣΕΩΝ .....</b>	<b>10</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	11
1.2 ΑΡΧΕΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ .....	24
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ .....	32
1.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ .....	38
1.5 ΦΩΤΙΣΜΟΣ .....	41
1.6 ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ .....	43
1.7 ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	47
1.8 ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ .....	53
1.9 ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΚΑΡΤΕΣ .....	57
1.10 ΗΧΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ .....	72

### ΜΕΡΟΣ II

<b>2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗ ΠΤΗΣΕΩΝ.....</b>	<b>79</b>
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ NM6X .....	80
2.2 ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (HPU) .....	100
2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ (CLS) .....	115
2.4 ΓΕΦΥΡΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ .....	124

### ΜΕΡΟΣ III

<b>3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ IMAGE 250.....</b>	<b>132</b>
3.1 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	133
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ .....	138
3.3 ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ .....	145
3.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	156

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	167
-------------------	-----

## ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΩΝ

A	Amperes.
ac	Alternating current.
ADC	Analog to digital converter.
ALU	Arithmetic logic unit.
Amp	Amplifier.
ARINC	Aeronautical Radio Inc., εταιρεία που αποτελείται κατά κύριο λόγο από εταιρίες αερογραμμών. Έχει άδεια από τη FCC ως αεροναυτικός σταθμός και από τη FAA (Federation of Aviation Authorities, η αντίστοιχη Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας των Η.Π.Α.) για να παρέχει επικοινωνία και μετεωρολογικές υπηρεσίες στο διεθνή εναέριο χώρο.
ASCII	American standard code for information.
ATC	Το σύστημα ελέγχου της εναέριας κυκλοφορίας (Automatic Traffic Control).
B	Bar.
BCD	Binary Coded Decimal.
C°	degrees Celsius.
CLS	Σύστημα ελέγχου χειριστηρίων αεροσκάφους (Control loading system).
CPU	Central processing unit.
D/A	Digital to analog.
DAC	Digital to analog converter.
dc	Direct current.
dB	decibel.
DCI	Analog input.
DCO	Analog output.

DI	Discrete input.
D.M.E.	Distance Measuring Equipment.
DO	Discrete output.
EPROM	Erasable programmable read only memory.
FMCS	Σύστημα με υπολογιστή για τη διαχείρισης της πτήσης (Flight Management Computer System) που χρησιμοποιεί μεγάλη βάση δεδομένων και επιτρέπει στις διαδρομές να προγραμματίζονται εκ των προτέρων και τροφοδοτείται συνεχώς με στοιχεία. Ο ενδείκτης που ο πιλότος ενημερώνεται αλλά και τροφοδοτεί με στοιχεία το FMCS σε κάθε πτήση είναι το MCDU (Management Computer Display Unit).
Hex	Hexadecimal.
HPU	Hydraulic power (pump) unit.
HSD	Highspeed data.
Hz	Hertz.
ICU	Interface controller unit.
I/F	Interface.
IF	Intermediate Frequency.
ILS	Ραδιοναυτιλιακό βοήθημα για τα αεροσκάφη το οποίο αποτελείται από ένα πομπό στο αεροδιάδρομο προσγείωσης και ένα δέκτη στο αεροσκάφος. Παρέχει την δυνατότητα "τυφλής" προσγείωσης χρησιμοποιώντας μόνο τα όργανα του πιλοτηρίου και χωρίς να υπάρχει οπτική επαφή με τον αεροδιάδρομο. Χρήσιμο κάτω από άσχημες καιρικές συνθήκες (Instrument Landing System).
IMP	Multiprocessor interface.
I/O	Input/output.
IOS	Instructor's operating station.
IT	Interrupt.

---

---

kB	Kilobytes.
LVDT	Linear variable differential transformer.
Mc	Microcontroller
MCDU	Management Computer Display Unit. Αποτελεί τον ενδείκτη με τον οποίο ο πιλότος τροφοδοτεί με στοιχεία πτήσης τον υπολογιστή πτήσεως FMCS (Flight Management Computer System) και ενημερώνεται παράλληλα από αυτό.
MHz	Megahertz.
MIDI	Musical instrument digital interface.
Mode	Τρόπος λειτουργίας.
Ms	Milliseconds.
MSB	Most significant bit.
Nautical mile (nm)	Το ναυτικό μίλι ισούται με 6076.1 πόδια (feet) ή περίπου 1.15 μίλι στεριάς (1 μίλι στεριάς (1 mile) = 5280 πόδια = 1609,3 μέτρα) ή 1852 μέτρα.
PSU	Power supply unit.
RAM	Random access memory.
RCU	Remote control unit
RF	Ένας γενικός όρος (Radio Frequency) για τις συχνότητες πάνω από 150 kHz, στην υπέρυθρη περιοχή ( $10^{12}$ Hz).
RISC	Reduced instruction set computer.
RVDT	Rotary variable differential transformer.
SCSI	Small computer systems interface.
TCAS	Το μοναδικό αυτόματο σύστημα αποφυγής της εναέριας σύγκρουσης των αεροσκαφών (Traffic Alert and Collision Avoidance System). Επιτρέπει την εναέρια επικοινωνία των αεροσκαφών. Αν το σύστημα εντοπίσει ένα αεροσκάφος σε επικίνδυνη απόσταση, τότε εκδίδει μία ηχητική προειδοποίηση και συμβουλεύει για να αποφύγει τη σύγκρουση.

U.H.F.	Υπερψηλή Συχνότητα (Ultra High Frequency).
VDU	Visual display unit.
V	Volts
V.H.F.	Πολύ Υψηλή Συχνότητα (Very High Frequency).
VOR	Ραδιοναυτιλιακό βοήθημα το οποίο παρέχει στα αεροσκάφη τη σωστή θέση τους στο χώρο (Very high frequency omnidirectional radio range) διαβιβάζοντας στη μπάντα VHF τα σήματα ναυσιπλοΐας.



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εξετάζει και αναλύει ένα από τα βασικότερα 'εργαλεία' της σημερινής αεροναυτιλίας, τον εξομοιωτή πτήσεων τύπου BOEING 737-400.

Βασικός σκοπός του είναι να παρέχει εκπαίδευση τόσο σε αρχικό, όσο και σε προχωρημένο στάδιο στους κυβερνήτες του συγκεκριμένου τύπου αεροσκάφους και μάλιστα σε συνθήκες πτήσης που ίσως να μην συναντήσουν ποτέ στην καριέρα τους.

Η αξία και η σπουδαιότητα του συγκεκριμένου συστήματος φαίνεται από το γεγονός ότι ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (I.C.A.O.) υποχρεώνει όλους τους πιλότους ανεξαρτήτως εμπειρίας, να περνούν κάθε έξι μήνες από επανεκπαίδευση για ανανέωση του πτυχίου τους και να διατηρήσουν έτσι το δικαίωμα να συνεχίσουν να πιλοτάρουν.

Επίσης, οι μεγάλες αεροπορικές εταιρίες, ταυτόχρονα με την παραγγελία των αεροσκαφών, παραγγέλνουν και τους αντίστοιχους εξομοιωτές για εκπαίδευση των πληρωμάτων τους.

Η συγκεκριμένη εργασία διαχωρίζεται σε τρεις κύριες ενότητες. Η πρώτη ενότητα αναφέρεται στην γενική περιγραφή του εξομοιωτή πτήσεων. Η δεύτερη αναλύει τα υδραυλικά συστήματα του εξομοιωτή και η τρίτη ενότητα εξετάζει το σύστημα οπτικής απεικόνισης IMAGE 250.

Τέλος, να αναφέρουμε ότι παρά την προσπάθεια να ερμηνευτούν όλοι οι όροι στα ελληνικά, αυτό μερικές φορές κατέστη αδύνατο καθώς θα αλλοιωνόταν το νόημα και η σημασία τους.

# ΜΕΡΟΣ Ι

## ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗ ΠΤΗΣΕΩΝ

## Κεφάλαιο 1.1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### ΓΕΝΙΚΑ

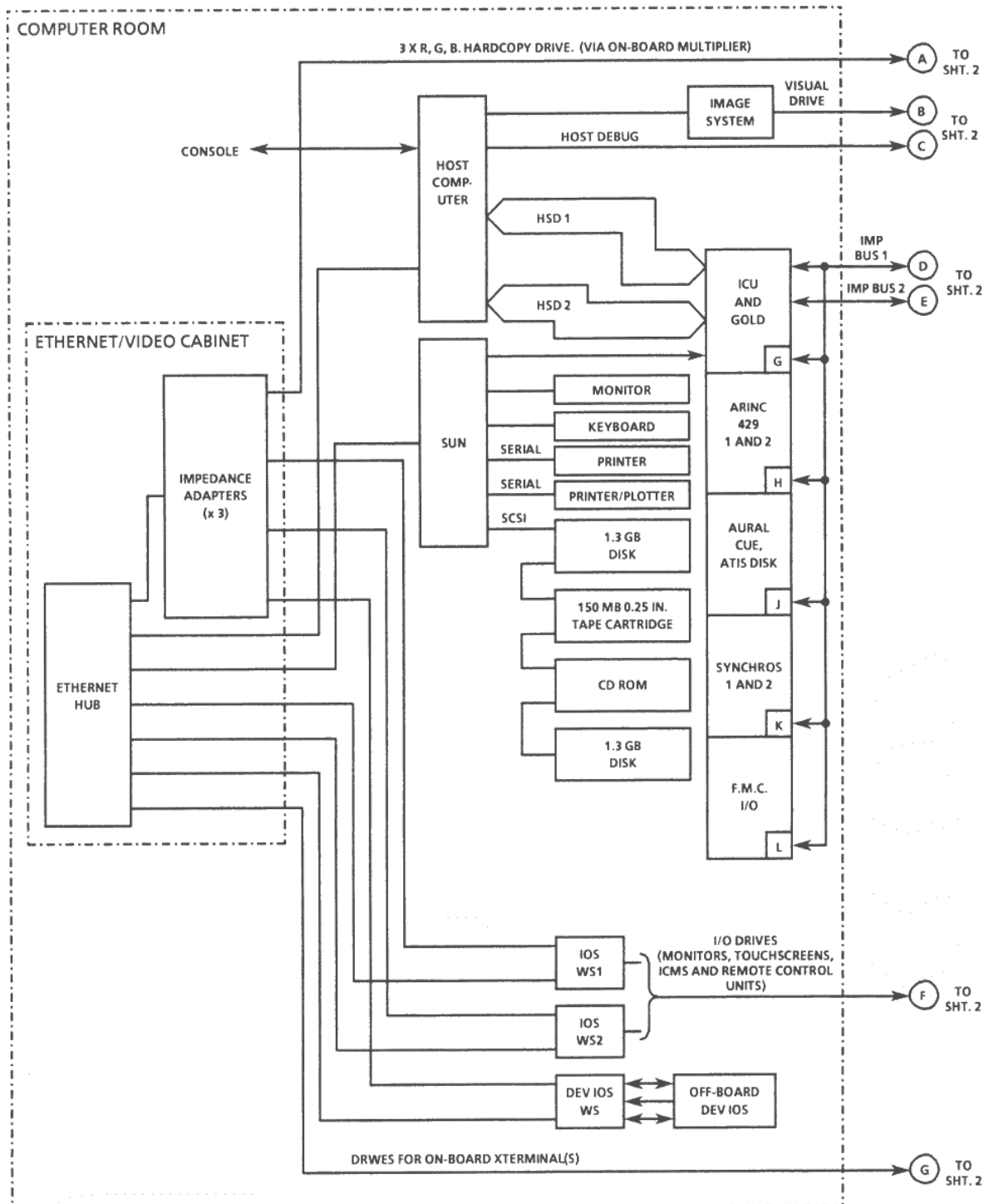
Ο εξομοιωτής πτήσεων Boeing 737-400 της Ολυμπιακής Αεροπορίας περιλαμβάνει ένα πλήρη εξομοιωτή πτήσεων (Full Flight Simulator) σ' ένα δωμάτιο μαζί με τα κατάλληλα υπολογιστικά συστήματα και την παροχή υδραυλικής ισχύος τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά δωμάτια.

Η εκπαίδευση πραγματοποιείται σ' ένα πανομοιότυπο αντίγραφο πιλοτηρίου αεροσκάφους τύπου Boeing 737-400. Το πιλοτήριο είναι τοποθετημένο πάνω σε μια πλατφόρμα η οποία στηρίζεται σε έξι υδραυλικούς άξονες κίνησης, διαμορφωμένους έτσι ώστε να παρέχει στην καμπίνα κίνηση σε έξι βαθμούς ελευθερίας.

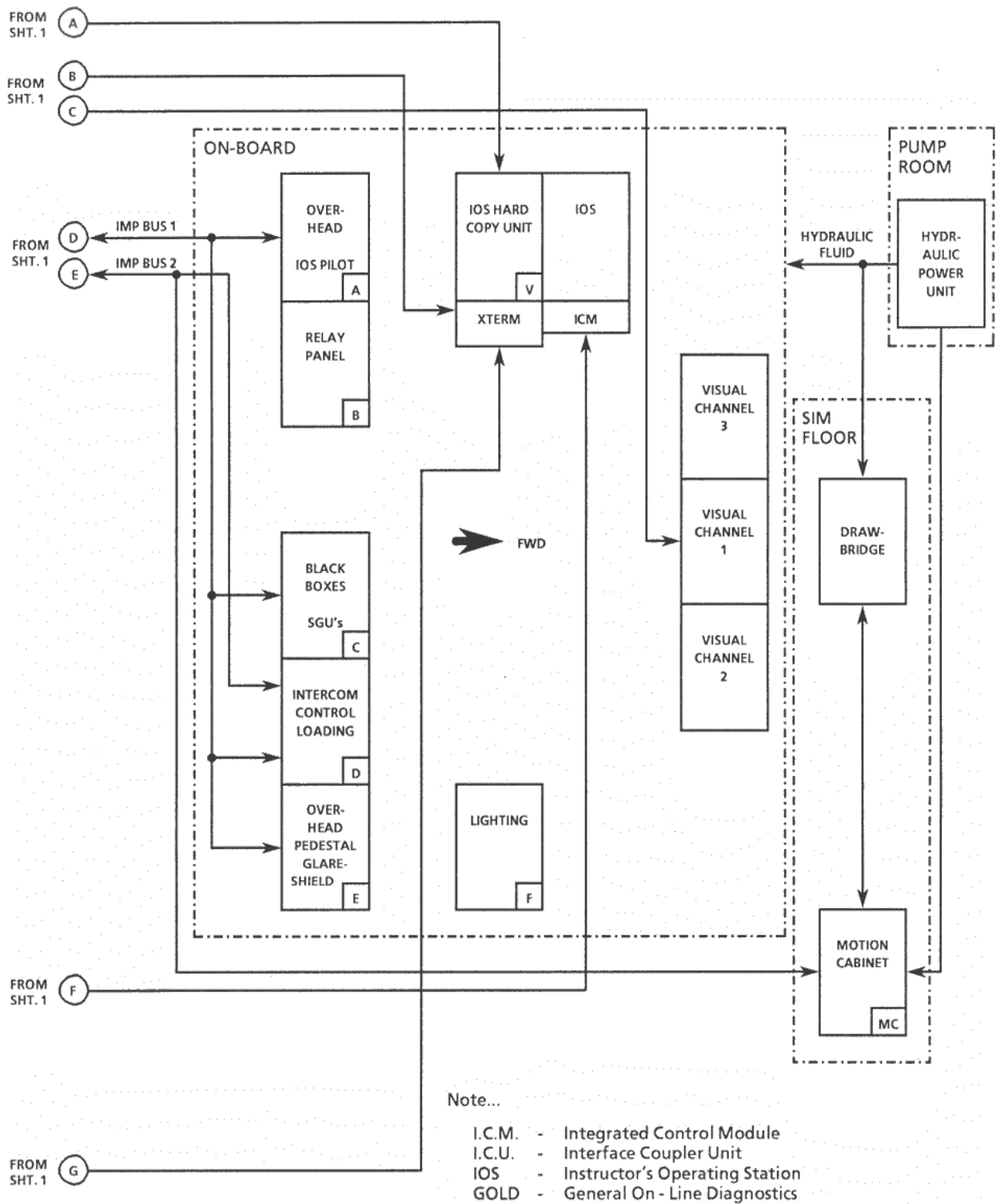
Για την οπτική αναπαράσταση του εξωτερικού κόσμου είναι υπεύθυνο το σύστημα IMAGE-250/AWARDS 150 έτσι ώστε να εξομοιώνονται όσο το δυνατόν καλύτερα οι πραγματικές συνθήκες πτήσης.

Η εκπαίδευση ελέγχεται από τον εκπαιδευτή του πληρώματος ο οποίος βρίσκεται σε μια ειδικά διαμορφωμένη θέση (Instructor's Operating Station) ακριβώς πίσω από τις θέσεις του κυβερνήτη και συγκυβερνήτη του αεροσκάφους.

Οι παράμετροι εξομοίωσης υπολογίζονται και επεξεργάζονται από ένα κεντρικό υπολογιστή και διανέμονται στο hardware του εξομοιωτή μέσω διασυνδέσεων πολλών επεξεργασιών (IMP ή Linkage). Τα σχήματα 1 και 2 δείχνουν την αρχιτεκτονική του εξομοιωτή. Σε αυτά φαίνονται οι κύριες λειτουργίες του ηλεκτρονικού εξοπλισμού ο οποίος βρίσκεται τόσο εντός όσο και εκτός της κινούμενης πλατφόρμας. Επίσης απεικονίζονται και η πορεία των δεδομένων μεταξύ των συνεργαζόμενων μονάδων του εξομοιωτή πτήσης.



Σχήμα 1. Μπλοκ διάγραμμα αρχιτεκτονικής εξομοιωτή (συνεχίζεται)



Σχήμα 2. Μπλοκ διάγραμμα αρχιτεκτονικής εξομοιωτή (συνέχεια)

## **ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΞΟΜΙΩΤΗ**

Ο εξομοιωτής πτήσης περιλαμβάνει τα ακόλουθα κύρια συστήματα:

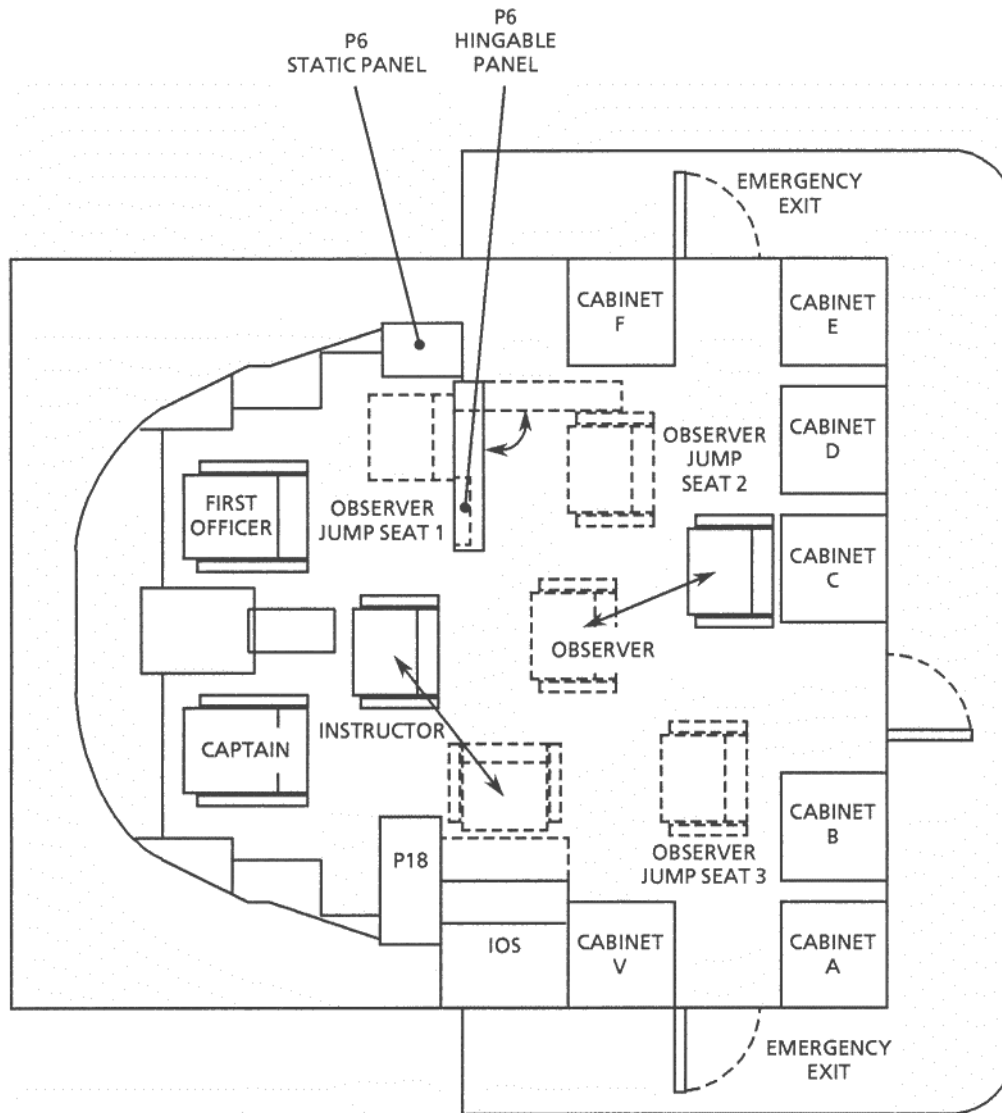
- Πλατφόρμα κίνησης.
- Σύστημα κίνησης.
- Σύστημα ελέγχου χειριστηρίων αεροσκάφους (CLS).
- Μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος (HPU).
- Γέφυρα πρόσβασης.
- Σύστημα υπολογιστών.
- Διασύνδεση υπολογιστών (IMP ή Interface).
- Γενικό διαγνωστικό σύστημα βλαβών (GOLD).
- Θέση εκπαιδευτή πιλότων (IOS).
- Σύστημα διανομής ηλεκτρικής ισχύος.
- Συστήματα ασφαλείας.
- Σύστημα κλιματισμού.
- Σύστημα πεπιεσμένου αέρα.
- Ηχητικό σύστημα.
- Συστήματα πλοήγησης και επικοινωνίας.
- Σύστημα παροχής καπνού.
- Σύστημα οπτικής απεικόνισης IMAGE 250.

## **ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ**

### **ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ**

Η πλατφόρμα κίνησης (ή ιπτάμενο μέρος), αποτελείται από ένα πανομοιότυπο αντίγραφο πιλοτηρίου το οποίο περιλαμβάνει όλα τα όργανα ελέγχου του αεροσκάφους, τα χειριστήρια του καθώς και θέσεις για τον κυβερνήτη και συγκυβερνήτη. Επίσης περιλαμβάνει μια θέση για τον εκπαιδευτή των πιλότων καθώς και μια θέση παρατηρητή. Η πλατφόρμα κίνησης έχει κύρια είσοδο στο πίσω μέρος της και δύο εξόδους κινδύνου στις δύο πλευρές της. Μια κάτοψη του πιλοτηρίου παρουσιάζεται στο σχήμα 3.

Οι καμπίνες που βρίσκονται στο πίσω μέρος και στις δύο πλευρές της πλατφόρμας περιέχουν μέρος από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό του εξομοιωτή. Κάθε καμπίνα περιλαμβάνει ηλεκτρονικές κάρτες οι οποίες μέσω υπολογιστών εξομοιώνουν ένα κομμάτι του αεροσκάφους (π.χ. τα όργανα ελέγχου, τα μαύρα κουτιά, τα χειριστήρια, τις επικοινωνίες κλπ).



Σχήμα 3. Κάτοψη πιλοτηρίου

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Τα ακόλουθα συστήματα ενισχύουν την εξομίωση μιας πραγματικής πτήσης:

- Ηχητικό σύστημα
- Συστήματα πλοήγησης και ναυσιπλοΐας
- Σύστημα ελέγχου χειριστηρίων αεροσκάφους
- Σύστημα παροχής οξυγόνου
- Σύστημα παροχής καπνού
- Σύστημα οπτικής απεικόνισης IMAGE 250

### **Ηχητικό σύστημα**

Το ηχητικό σύστημα παράγει ήχους όμοιους με αυτούς που παράγονται σ' ένα πραγματικό αεροσκάφος κατά την λειτουργία του. Οι ήχοι παράγονται από ψηφιακά σήματα, μείκτες και δειγματολήπτες οι οποίοι ελέγχονται μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών. Οι αναλογικές έξοδοι από τους δειγματολήπτες επεξεργάζονται από μια κάρτα ήχου, ενισχύονται και οδηγούνται σε ηχεία τα οποία βρίσκονται γύρω από το πιλοτήριο.

### **Συστήματα πλοήγησης και επικοινωνίας**

Οι τόνοι προσδιορισμού των ραδιοσταθμών παράγονται και αναμιγνύονται με σήματα φωνής μέσω ηλεκτρονικών καρτών (COMDAC cards). Το σύστημα πλοήγησης και επικοινωνίας επιτρέπει στον εκπαιδευτή να λειτουργεί σαν ελεγκτής εναέριας κυκλοφορίας ή σαν προσωπικό εδάφους. Το σύστημα χρησιμοποιεί για τις επικοινωνίες τα ίδια ακριβώς πάνελ που χρησιμοποιούνται και στα αεροσκάφη.

### **Σύστημα ελέγχου χειριστηρίων αεροσκάφους**

Το σύστημα ελέγχου χειριστηρίων του αεροσκάφους (Control Loading System) παρέχει μηχανική αίσθηση στα χειριστήρια του πιλοτηρίου (flaps, elevators, speed brakes, ailerons, throttle, κλπ ) έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα. Τα διαγράμματα θέσης-δύναμης των χειριστηρίων του εξομοιωτή είναι ακριβώς ίδια όπως και του πραγματικού αεροσκάφους.

### **Σύστημα παροχής οξυγόνου**

Στον εξοπλισμό του εξομοιωτή περιλαμβάνονται μια μπουκάλα οξυγόνου και μάσκες για τον κυβερνήτη και τον συγκυβερνήτη καθώς και για τον εκπαιδευτή τους, έτσι ώστε να τους παρέχεται οξυγόνο όταν αυτό απαιτηθεί, όπως ακριβώς και στο πραγματικό αεροσκάφος.

### **Σύστημα καπνού**

Ένα σύστημα παραγωγής καπνού παρέχει καπνό στο πιλοτήριο ο οποίος εμφανίζεται σε σχέση βέβαια με τις δυσλειτουργίες και βλάβες που έχει επιλέξει ο εκπαιδευτής κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης.

### **Σύστημα οπτικής απεικόνισης IMAGE 250**

Το σύστημα οπτικής απεικόνισης αποτελείται από τρεις έγχρωμους βιντεοπροβολείς (κανάλια) με δυνατότητα απεικόνισης οριζοντίως 150° και καθέτως 40°, σε συνθήκες μέρας/νύχτας και λυκόφωτος. Κάθε κανάλι έχει ανάλυση 756000 pixels και μπορεί να απεικονίσει μέχρι 4800 φωτεινά σημεία (light points) και 256 επιφάνειες σε 64 χρώματα, δημιουργώντας έτσι την αίσθηση στον παρατηρητή του ότι βρίσκεται μέσα σε πραγματικό αεροσκάφος.

### **ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ**

Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει μια πλατφόρμα κίνησης, μονάδα παροχής υδραυλικής δύναμης (HPU) και ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος ελέγχει τα παραπάνω. Για την κίνηση της πλατφόρμας φροντίζουν έξι υδραυλικοί βραχίονες οι οποίοι παίρνουν εντολές από τον κεντρικό υπολογιστή. Το βάρος του κινούμενου μηχανήματος φτάνει τους 14 τόνους. Το σύστημα παράγει τις αισθήσεις επιτάχυνσης έτσι ώστε να δίνεται η εντύπωση στους εκπαιδευόμενους ότι βρίσκονται σε πραγματικό αεροσκάφος.



### **Πλατφόρμα κίνησης**

Η πλατφόρμα κίνησης περιλαμβάνει:

- i) Ένα πλαίσιο βάσεων τοποθετημένο στο κάτω μέρος της πλατφόρμας, το οποίο περιλαμβάνει τρεις συνδέσμους στους οποίους συνδέεται το πάνω μέρος των αξόνων κίνησης.
- ii) Ένα σετ αποτελούμενο από έξι υδραυλικούς άξονες κίνησης οι οποίοι συνδέονται στο έδαφος και στο κάτω μέρος της πλατφόρμας κίνησης.
- iii) Ένα πλαίσιο βάσεων τοποθετημένο στο έδαφος, το οποίο περιλαμβάνει τρεις συνδέσμους στους οποίους συνδέεται το κάτω μέρος των αξόνων κίνησης.

Όλοι οι μηχανισμοί κίνησης συγχρονίζονται κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να παράγεται η αίσθηση ότι η πλατφόρμα κίνησης κινείται σε έξι άξονες, τους λεγόμενους έξι βαθμούς ελευθερίας.

### **Καμπίνα ελέγχου συστήματος κίνησης**

Η καμπίνα ελέγχου κίνησης περιλαμβάνει όλα εκείνα τα απαραίτητα αναλογικά και ψηφιακά ηλεκτρονικά (σέρβο κλπ) έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η διασύνδεση μεταξύ του συστήματος κίνησης και του κεντρικού υπολογιστή. Συγκεκριμένα αποτελείται από ένα πάνελ ελέγχου, τροφοδοτικά, τον υπολογιστή ελέγχου καθώς και το κατάλληλο interface. Η καμπίνα ελέγχου κίνησης ελέγχει τόσο την κίνηση της πλατφόρμας όσο και το σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους.

### **Μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος (HPU)**

Η μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος (Hydraulic Power Unit) παρέχει υδραυλική ισχύ στο σύστημα κίνησης της πλατφόρμας και στο σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους. Περιλαμβάνει:

- Δεξαμενή 1500 lt ειδικού υδραυλικού υγρού (ENERGOL GH1 32)
- Δύο αντλίες εμβόλων, η καθεμία από τις οποίες διανέμει 180 lt/min σε κανονικές συνθήκες στα 110 bars και είναι συνδεδεμένες παράλληλα για να τροφοδοτούν το σύστημα κίνησης.
- Δύο τριφασικά ηλεκτρικά μοτέρ 47 kW (63 HP) το καθένα για να οδηγούν τις κύριες αντλίες.
- Ένα ηλεκτρικό μοτέρ 3 kW (4 HP) για να οδηγεί μια αντλία ψύξης και φιλτραρίσματος η οποία διανέμει 100 lt/min στα 4 bars.
- Ένα ηλεκτρικό μοτέρ 5.5 kW (7.5 HP) για να οδηγεί μια αντλία εμβόλου η οποία διανέμει 25 lt/min στα 110 bars στα χειριστήρια του αεροσκάφους (Control Loading System).
- Ένα εναλλάκτη θερμότητας, φίλτρα λαδιού, βαλβίδες εκτόνωσης
- Βαλβίδες απομόνωσης
- Προειδοποιητικό κύκλωμα για βουλωμένα φίλτρα, για χαμηλή πίεση, για υψηλή και χαμηλή θερμοκρασία υδραυλικού υγρού και για χαμηλή ποσότητα υγρού.
- Ένα πάνελ ελέγχου των αντλιών με διάφορα όργανα μέτρησης.

## **ΓΕΦΥΡΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ**

Η γέφυρα επιτρέπει την πρόσβαση στην καμπίνα όταν ο εξομοιωτής βρίσκεται σε θέση ηρεμίας. Η γέφυρα πρόσβασης επεκτείνεται και αποσύρεται μέσω ενός άξονα κίνησης ο οποίος οδηγείται από το σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους (CLS). Τα συστήματα ασφαλείας εμποδίζουν τυχόν σύγκρουση μεταξύ γέφυρας και πλατφόρμας όταν αυτή ανυψώνεται.

Σε περίπτωση ολικής απώλειας ηλεκτρικής ισχύος παρέχεται μια τροφοδοσία εκτάκτου ανάγκης 24V η οποία επιτρέπει στην πλατφόρμα να επανέλθει σε κατάσταση ηρεμίας και στην γέφυρα να επεκταθεί με συνέπεια το πλήρωμα να μπορεί να εγκαταλείψει το πιλοτήριο.

## **ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Στο σύστημα υπολογιστών περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

### **ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ**

Ο κεντρικός υπολογιστής του συστήματος είναι ο Harris Nighthawk 4800 ο οποίος χρησιμοποιεί έξι μικροεπεξεργαστές RISC 32 bit και λειτουργικό σύστημα UNIX. Ο κεντρικός υπολογιστής χειρίζεται τα προγράμματα εξομοίωσης συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών προγραμμάτων, των μαθηματικών υπορουτίνων και του real-time προγράμματος. Ο κεντρικός υπολογιστής χειρίζεται επίσης μεγάλο όγκο πληροφοριών όπως πληροφορίες για τους ραδιοσταθμούς και τρέχει μεταφραστές (compilers) για αρχεία ραδιοσταθμών εδάφους, εισόδους/εξόδους του συστήματος και για τη βάση δεδομένων ARINC. Ο κεντρικός υπολογιστής επικοινωνεί με τους υπόλοιπους επεξεργαστές μέσω δύο HSD (high speed data) διαύλων. Επίσης υποστηρίζει δύο διαύλους Ethernet, ένα για άμεση επικοινωνία με το σύστημα απεικόνισης (visual) και ένα για επικοινωνία με τους δύο υπολογιστές του εκπαιδευτή. Τέλος, επικοινωνεί και με το σύστημα ανάπτυξης του λογισμικού μέσω Ethernet Hub (σχήμα 1).

### **ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SUN ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ**

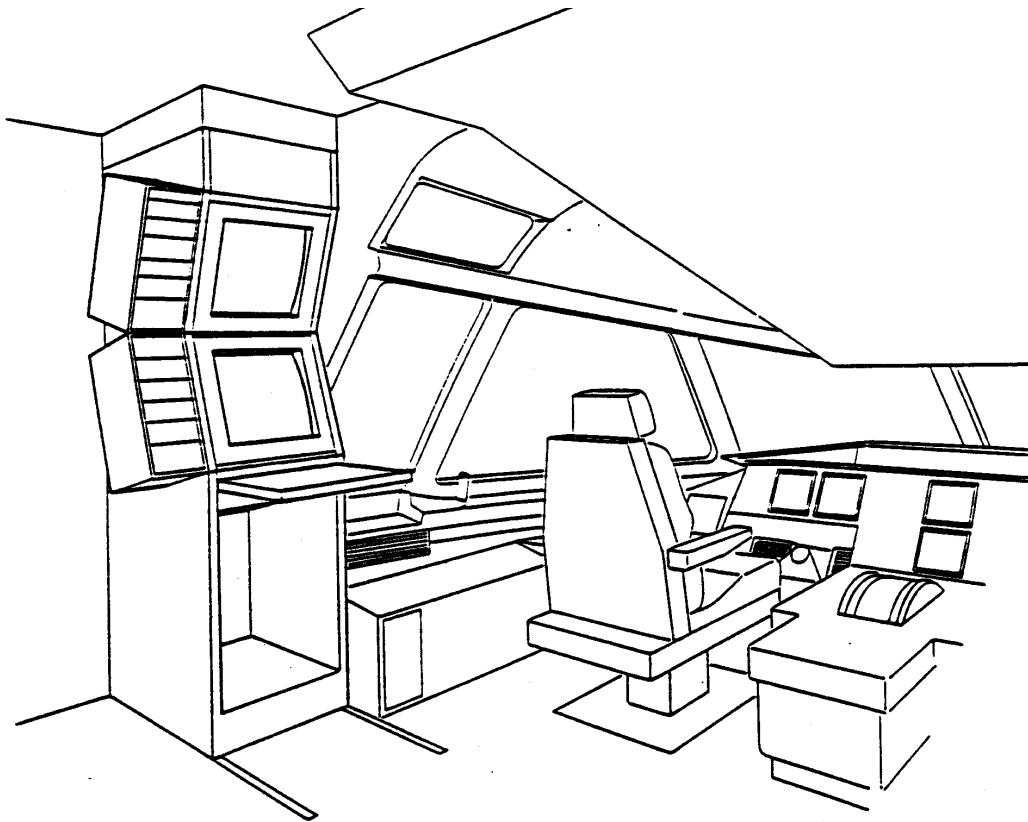
Χρησιμοποιείται για ανάπτυξη του λογισμικού και περιλαμβάνει ένα σκληρό δίσκο 210 MB και ένα δίσκο floppy 1.44. Επιπλέον, η εξωτερική μνήμη παρέχεται από:

- i) Δύο σκληρούς δίσκους 1.3 G-Byte,
- ii) Ένα οδηγό ταινίας 2.36 G-Byte, 8mm
- iii) Ένα CD ROM drive.

### ΘΕΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗ ΠΙΛΟΤΩΝ (IOS)

Η θέση του εκπαιδευτή των πιλότων (Instructor's Operating Station) του παρέχει τη δυνατότητα μέσω υπολογιστών και πάνελ ελέγχου να παρακολουθεί την εκπαίδευση και να επηρεάζει άμεσα την εξέλιξη της εισάγοντας βλάβες στο αεροσκάφος, καιρικά φαινόμενα, κλπ. Η θέση περιλαμβάνει:

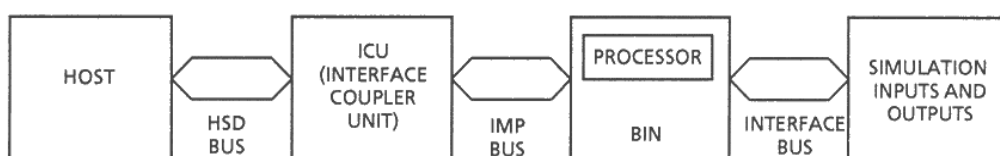
- Δύο touch screen οθόνες.
- Δύο υπολογιστές IRIS 4D35 IOS οι οποίοι οδηγούν τις παραπάνω οθόνες. Οι υπολογιστές ελέγχονται από τον κεντρικό υπολογιστή μέσω του δικτύου Ethernet. Να σημειώσουμε εδώ πως ο υπολογιστής IRIS βρίσκεται εκτός πλατφόρμας.
- Πάνελ ελέγχου για διάφορες λειτουργίες και για λειτουργίες εκτάκτου ανάγκης.
- Ένα τηλεχειριστήριο για έλεγχο της εκπαιδευτικής άσκησης μακριά από την κανονική θέση του εκπαιδευτή.
- Μια μάσκα οξυγόνου.
- Δύο θέσεις, μία για τον εκπαιδευτή και μία για τον παρατηρητή, οι οποίες έχουν την δυνατότητα ηλεκτρονικών ρυθμίσεων.



Σχήμα 4. Θέση εκπαιδευτή πιλότων

### ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ (INTERFACE)

Η διασύνδεση υπολογιστών (Interface) διανέμει οδηγίες και δεδομένα από τον κεντρικό υπολογιστή προς στις μονάδες εισόδου/εξόδου. Μια γενική εικόνα φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο :



Σχήμα 5. Διασύνδεση (Interface) υπολογιστών

Το Interface φροντίζει ώστε να γίνεται I/O των υπολογιστών με τον κεντρικό υπολογιστή (Host). Διαθέτει 21 επεξεργαστές Motorola 68000, οι οποίοι βρίσκονται τόσο εντός όσο και εκτός του πιλοτηρίου. Οι ψηφιακές και αναλογικές εισοδοί και έξοδοι του συστήματος ελέγχονται (διαβάζονται – καταγράφονται - τροποποιούνται) κάθε 16 msec ούτως ώστε να υπάρχει άμεση ανταπόκριση του κεντρικού υπολογιστή στις ενέργειες των εκπαιδευόμενων.

Το σχέδιο 5 παρουσιάζει την διανομή των δεδομένων μέσω του IMP δίαυλου και δείχνει τις διευθύνσεις (software και hardware) των επεξεργαστών του συστήματος, καθώς και μια γενική εικόνα των αρμοδιοτήτων τους.

### **ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΛΑΒΩΝ (GOLD)**

Το GOLD (General On-Line Diagnostic) όπως λέει και το όνομα του, είναι ένα σύστημα το οποίο παρέχει μια γενική εικόνα της κατάστασης του εξομοιωτή κατά την διάρκεια της λειτουργίας του και εφόσον του ζητηθεί μπορεί να δώσει βασικές εντολές συντήρησης και αποκατάστασης των βλαβών.

### **ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Μια αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ισχύος (UPS) παρέχει 415/240 V, 50 Hz, τριφασική ισχύ στο σύστημα διανομής. Τα UPS παρέχουν ηλεκτρική ισχύ στο σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους (CLS) και στο σύστημα κλιματισμού. Επίσης, τροφοδοτούν ένα 80 kVA 380/220 V ac, 50 Hz, τριφασικό μετασχηματιστή ο οποίος με τη σειρά του παρέχει ηλεκτρική ισχύ στην καμπίνα ισχύος του εξομοιωτή.

### **ΚΑΜΠΙΝΑ ΙΣΧΥΟΣ (PC)**

Η εφαρμογή ηλεκτρικής ισχύος στον εξομοιωτή ελέγχεται από μια καμπίνα ισχύος η οποία βρίσκεται στο δωμάτιο υπολογιστών. Η καμπίνα ισχύος αποτελείται από τρεις ξεχωριστές καμπίνες οι οποίες διανέμουν τις ακόλουθες τάσεις:

- i) 380/220 V AC, 50 Hz, τριφασικές και μονοφασικές τάσεις.
- ii) 115 V AC, 400 Hz (για τα όργανα του αεροσκάφους).
- iii) DC τάσεις : 14 με 28 V, +24 V, +28 V, ± 15 V.

Η καμπίνα ισχύος παρέχει ισχύ στον εξοπλισμό του συστήματος οπτικής απεικόνισης και βέβαια σε όλους τους υπολογιστές του συστήματος. Ελέγχει τους ηλεκτρικούς κινητήρες στη μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος αλλά δεν τους παρέχει ηλεκτρική ισχύ. Επίσης ελέγχει (αλλά δεν τροφοδοτεί) τον εξοπλισμό του συστήματος κλιματισμού. Τέλος, η καμπίνα ισχύος περιλαμβάνει ένα πάνελ ελέγχου με διακόπτες εκτάκτου ανάγκης, με διακόπτες ON/OFF του συστήματος κλιματισμού, οπτικής απεικόνισης, των αντλιών του MOTION και του CLS και τέλος περιλαμβάνει ένα ηχητικό alarm για τυχόν δυσλειτουργία του εξομοιωτή.

Η καμπίνα ελέγχου επίσης φιλοξενεί το πάνελ του συστήματος πυρασφάλειας-πυρανίχνευσης Cerberus του εξομοιωτή.

Η κατανάλωση ισχύος σε τυπική λειτουργία του εξομοιωτή πτήσεων είναι για τα συστήματα κίνησης (motion) και ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους (CLS) 55 KVA, για τον κλιματισμό του συστήματος 10 KVA, για το σύστημα απεικόνισης IMAGE 250 20 KVA και για τα υπόλοιπα συστήματα (όργανα αεροσκάφους, υπολογιστές, converters κλπ) 40 KVA. Η μέγιστη κατανάλωση σε ισχύ του εξομοιωτή φτάνει τα 140 KVA.

## **ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ 24V**

Σε περίπτωση ολικής απώλειας ισχύος μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει τα συστήματα άμεσης ανάγκης (π.χ. ενδοεπικοινωνίες, πυρασφάλεια) με τάση 24 V DC για ικανό χρονικό διάστημα.

## **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Παρέχονται τα ακόλουθα συστήματα ασφάλειας:

### **ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

Ο εξομοιωτής είναι εξοπλισμένος με το σύστημα πυρασφάλειας/πυρανίχνευσης Cerberus το οποίο εντοπίζει:

- i) Υπερθέρμανση μέσα στις καμπίνες με τις ηλεκτρονικές πλακέτες.
- ii) Παρουσία καπνού (πραγματικού και όχι εξομοιούμενου από άσκηση).
- iii) Απώλεια ροής αέρα στο σύστημα εξαερισμού.

Ανάλογα με το είδος του ανιχνευόμενου σφάλματος το σύστημα ενεργοποιεί μια προειδοποιητική σειρήνα, διακόπτει την τροφοδοσία του εξομοιωτή και ενεργοποιεί το αυτόματο σύστημα κατάσβεσης μέσα στο πιλοτήριο.

### **ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ**

Οι διακόπτες έκτακτης ανάγκης όταν ενεργοποιηθούν διακόπτουν όλες τις τροφοδοσίες του εξομοιωτή εκτός από αυτές της γέφυρας πρόσβασης, της ενδοεπικοινωνίας, του φωτισμού και του συστήματος πυρασφάλειας/πυρανίχνευσης.

### **ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ**

Οι διακόπτες υδραυλικής ισχύος όταν ενεργοποιηθούν διακόπτουν την τροφοδοσία στις αντλίες του MOTION και του CLS και επομένως καθηλώνουν τον εξομοιωτή εφόσον αυτός είναι σε <πτήση>.

### **ΛΟΓΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

Η λογική ασφάλειας αποτρέπει τα μοτέρ παροχής υδραυλικής ισχύος να τροφοδοτήσουν με υδραυλική ισχύ το σύστημα κίνησης (MOTION), το σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους (CLS) και τη γέφυρα πρόσβασης εκτός βέβαια αν τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις (κλειστές πόρτες, να μην έχει ενεργοποιηθεί διακόπτης έκτακτης ανάγκης, η στάθμη των υδραυλικών να είναι αποδεκτή κλπ).

### **ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΦΥΡΑΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ**

Οι ακόλουθες προειδοποιήσεις χρησιμοποιούνται:

- i) Ένας προειδοποιητικός φάρος κάτω από την πλατφόρμα αναβοσβήνει εφόσον το motion είναι ενεργοποιημένο ή υπάρχει εκπαίδευση σε εξέλιξη.
- ii) Προειδοποιητικός φάρος αναβοσβήνει στην γέφυρα πρόσβασης όταν αυτή επεκτείνεται ή αποσύρεται.

## **ΣΚΑΛΕΣ ΔΙΑΦΥΓΗΣ**

Σκάλες διαφυγής είναι τοποθετημένες στο κιγκλίδωμα της πλατφόρμας για να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση καθόδου έκτακτης ανάγκης από το πιλοτήριο.

## **ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Το σύστημα κλιματισμού περιλαμβάνει μια κλιματιστική μονάδα η οποία παρέχει και εξαερισμό στις καμπίνες με τις ηλεκτρονικές πλακέτες αλλά και κλιματισμό μέσα στο πιλοτήριο. Ένας ανεμιστήρας εξαγωγής απομακρύνει τον αέρα από το πιλοτήριο.

## **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ**

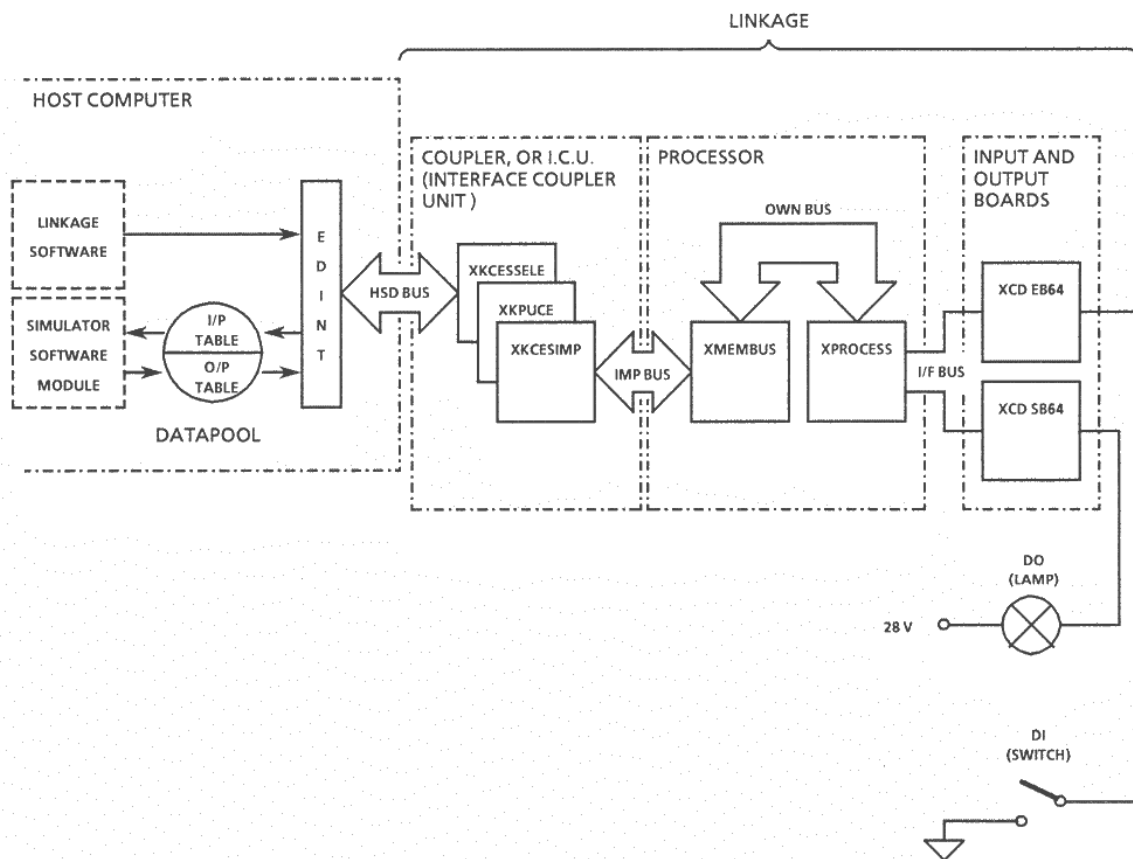
Ένα απλουστευμένο παράδειγμα εξομοίωσης μιας απλής ενέργειας φαίνεται στο σχήμα 5.

Το λογισμικό διασύνδεσης (LINKAGE) που τρέχει στον κεντρικό υπολογιστή ελέγχει τον διακόπτη. Εφόσον ο διακόπτης πατηθεί το ψηφιακό σήμα διαβάζεται από την κάρτα XCD EB64 (κάρτα ψηφιακής εισόδου). Η κάρτα XPROCESS (επεξεργαστής) διαβάζει την κάρτα XCD EB64 και γράφει στην κάρτα XMEMBUS (μνήμη) την αλλαγή κατάστασης. Τα δεδομένα περνούν στο ICU (Interface Coupler Unit) και μεταφέρονται μέσω του διαύλου υψηλής ταχύτητας (HSD bus) στην μονάδα διασύνδεσης EDINT του κεντρικού υπολογιστή. Ο κεντρικός υπολογιστής περνάει τα δεδομένα από την EDINT στην κεντρική μνήμη του.

Το λογισμικό εξομοίωσης μεταφέρει τα δεδομένα στον πίνακα εξόδου της κεντρικής μνήμης η οποία έχει ενημερωθεί προηγουμένως από το λογισμικό διασύνδεσης.

Το λογισμικό διασύνδεσης σύμφωνα με το λογισμικό εξομοίωσης γράφει τώρα τα δεδομένα εξόδου στον πίνακα EDINT και στη συνέχεια αυτά περνούν μέσω HSD, ICU και IMP στην κάρτα XMEMBUS.

Η κάρτα XPROCESS διαβάζει την XMEMBUS και γράφει τα δεδομένα στην κάρτα XCD SB64 (digital output) η οποία τοποθετεί μια γείωση στον λαμπτήρα αναγκάζοντας τον έτσι να φωταγωγηθεί.



Σχήμα 6. Λειτουργία εξομοίωσης

## Κεφάλαιο 1.2

### ΑΡΧΕΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

#### ΑΡΧΕΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

##### ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

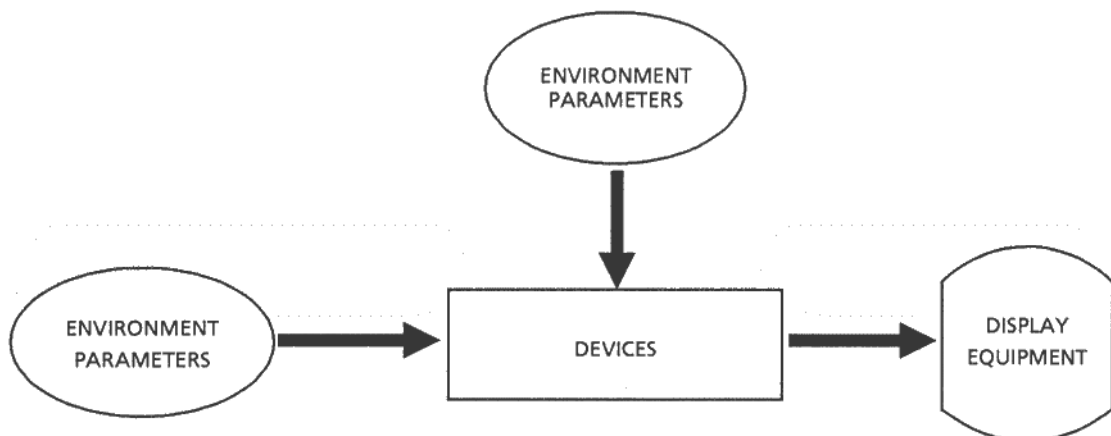
Το σύστημα εξομοίωσης (ας το ονομάσουμε μηχανήμα) αποτελείται από διάφορες μονάδες όπως διακόπτες, φώτα, ενδείκτες, μετατροπείς, όργανα ελέγχου και καταγραφής, άξονες κίνησης κλπ, τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με ένα περίπλοκο σύνολο από ηλεκτρονικό, μηχανικό, υδραυλικό και πνευματικό εξοπλισμό και η λειτουργία του διέπεται από κάποιους μεταβλητούς κανόνες.

Ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλονται αυτοί οι κανόνες καθορίζεται από την κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι διάφορες μονάδες (μετατροπείς, διακόπτες), από τις παραμέτρους και από τη φύση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η εξομοίωση (σχήμα 7).

Στην πραγματικότητα, η κατάσταση των διάφορων μονάδων έχει επιπτώσεις στην απόδοση της μηχανής και ένα άλλο μέρος (σύστημα απεικόνισης) δείχνει την κατάσταση της μηχανής σε μία δεδομένη στιγμή.

Συνεπώς, η εξομοίωση πραγματοποιείται έχοντας ως βάση τους παραπάνω κανόνες (μαθηματικά μοντέλα) και τις παραμέτρους και τη φύση του περιβάλλοντος.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για να επιλύσουν τις μαθηματικές εξισώσεις και για να αποδώσουν τα αποτελέσματα στους διάφορους ενδείκτες του συστήματος μπορεί να είναι είτε αναλογικές είτε ψηφιακές.

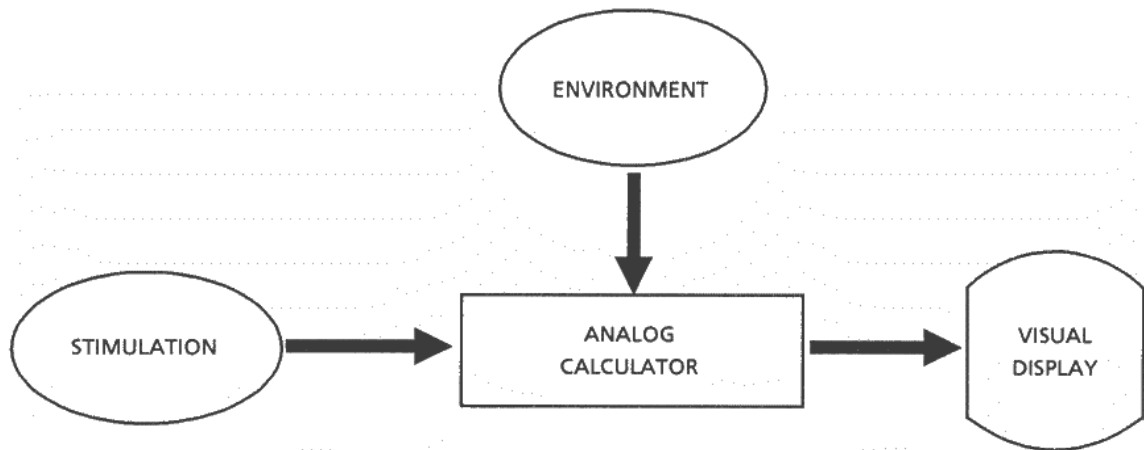


Σχήμα 7. Απλοποιημένο σύστημα εξομοίωσης



### ΑΡΧΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ο αναλογικός υπολογιστής χρησιμοποιεί τις αρχές του αναλογικού υπολογισμού. Επομένως είναι απαραίτητο να μετατραπούν τα διάφορα ερεθίσματα σε ηλεκτρικά σήματα, διατηρώντας παράλληλα μια σχέση μεταξύ φυσικού περιβάλλοντος και ηλεκτρικών σημάτων. Το ίδιο πράγμα ισχύει και για το σύστημα απεικόνισης (σχήμα 8).



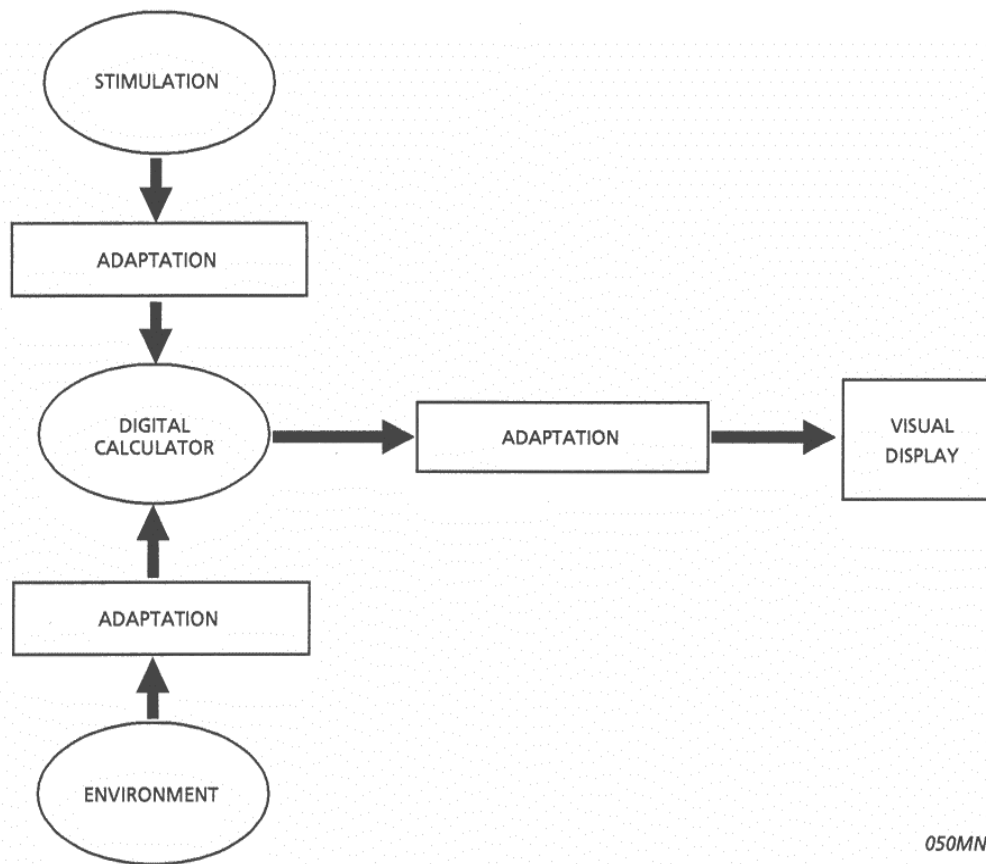
Σχήμα 8. Αναλογικό σύστημα εξομοίωσης

Οι αναλογικοί υπολογιστές χρησιμοποιούνται στην διαδικασία της εξομοίωσης διότι έχουν την ικανότητα να επεξεργάζονται τα διάφορα μαθηματικά μοντέλα με τρόπο συνεχή και άμεσο. Ωστόσο, η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των συστημάτων εξομοίωσης οδήγησε στην χρησιμοποίηση προγραμματιζόμενων ψηφιακών υπολογιστών.

### ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ένας υπολογιστής είναι ένα μηχάνημα το οποίο μπορεί να επιλύσει σύνθετες διαδικασίες σε πολύ υψηλές ταχύτητες αλλά τη μία μετά την άλλη.

Επομένως, δεν μπορεί να επεξεργαστεί ταυτόχρονα διάφορες εξισώσεις. Επιπλέον ένας υπολογιστής λειτουργεί μόνο με δυαδικό τρόπο. Συνεπώς, είναι απαραίτητο να μετατραπούν τα ηλεκτρικά σήματα που αντιπροσωπεύουν την κατάσταση των διακοπών, των μετατροπών κλπ σε δυαδική μορφή. Τελικά, δεδομένου ότι ο υπολογιστής χρησιμοποιεί αυτές τις ηλεκτρικές ποσότητες τη μια μετά από την άλλη, θα είναι απαραίτητο να μεταφερθούν από κύκλωμα σε κύκλωμα και να ταξινομηθούν. Το ίδιο πράγμα ισχύει για το σύστημα απεικόνισης.

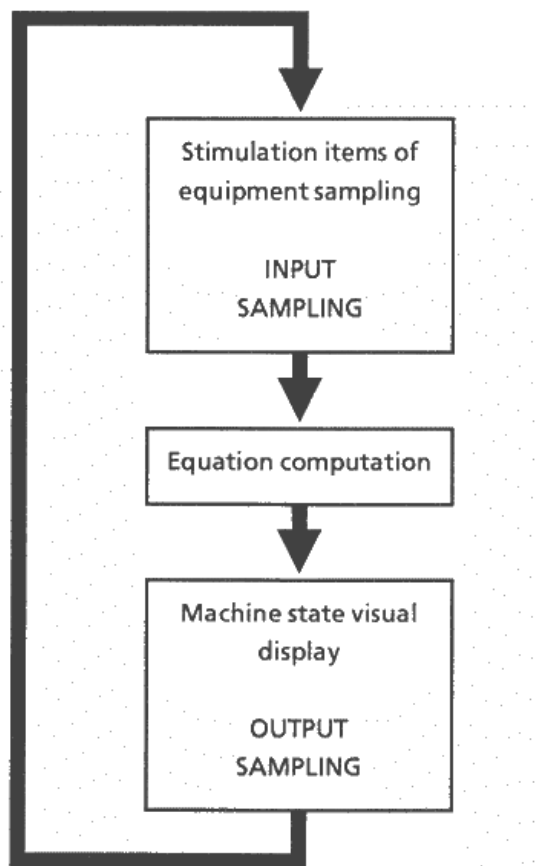


Σχήμα 9. Ψηφιακό σύστημα εξομίωσης

### ΚΥΚΛΟΣ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για να εξομοιωθεί η δυναμική μια μηχανής σε πραγματικό χρόνο, ο υπολογιστής πρέπει να παρέχει στον εξοπλισμό απεικόνισης την κατάσταση της μηχανής, με έναν συνεχή τρόπο. Αυτό είναι αδύνατο, δεδομένου ότι ο υπολογιστής χρειάζεται το χρόνο για να υπολογίσει τα αποτελέσματα των εξισώσεων.

Σε δεδομένο χρόνο, ο υπολογιστής εξετάζει το μηχάνημα και καταγράφει την κατάσταση που βρίσκονται οι διακόπτες, τα φώτα, οι ενδείκτες, οι μετατροπείς, τα όργανα ελέγχου κλπ. Μπορεί επομένως να λύσει τις εξισώσεις των μαθηματικών προτύπων, θεωρώντας ότι κατά τη διάρκεια του υπολογισμού, τα προηγούμενως-επιλεγέντα παραπάνω ερεθίσματα είναι σταθερά. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών, που είναι επίσης διαθέσιμα σε δεδομένο χρόνο, διαβιβάζονται στο σύστημα απεικόνισης το οποίο θεωρείται ως μονάδα εξόδου για τον υπολογιστή. Ο προκύπτων κύκλος εξομοίωσης φαίνεται παρακάτω (σχήμα 10).



Σχήμα 10. Κύκλος εξομοίωσης

Δεδομένου ότι μια άσκηση προσομοίωσης είναι μια συνεχής ακολουθία μπορεί να πει κανείς ότι ο χρόνος του κύκλου εξομοίωσης είναι ο απαραίτητος χρόνος για τον εξομοιωτή ώστε να μπορέσει να αντιδράσει στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος αλλά και στις εντολές του χειριστή.

Οι κύκλοι εξομοίωσης είναι μικρής χρονικής διάρκειας (από 16 μέχρι 125 ms) και παραμένουν ανεπαίσθητες στον χρήστη του εξομοιωτή. Δηλαδή όπως στα κινηματογραφικά φιλμ όπου η γρήγορη εναλλαγή των σταθερών εικόνων (καρέ) δίνουν την εντύπωση της κίνησης και της συνοχής.

Επομένως μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι το σύστημα λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο.

Ένας κύκλος εξομοίωσης αποτελείται από τρεις φάσεις:

- Απόκτηση δεδομένων.
- Επεξεργασία δεδομένων.
- Απόδοση δεδομένων.

## **ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ**

### **ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Σε ένα δεδομένο χρόνο "t", όλα τα κινούμενα στοιχεία τα οποία αποτελούν δεδομένα εισόδου του εξομοιωτή παγώνουν σε μια ορισμένη θέση. Επομένως, είναι σημαντικό να καθιερωθεί η σχέση μεταξύ της πραγματικής τιμής της παραμέτρου (συνάρτηση, γωνία σε μοίρες κλπ) και του φυσικού μεγέθους έτσι ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί και να αναλυθεί εύκολα και γρήγορα.

Το πλεονέκτημα αυτό το παρέχουν τα ηλεκτρικά μεγέθη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται στον εξομοιωτή συστήματα και μηχανισμοί servo στους οποίους γίνεται εύκολα η μετατροπή του φυσικού μεγέθους σε ηλεκτρικό.

Μόλις ανακτηθεί το στοιχείο υπό μορφή ηλεκτρικού σήματος (τάσης), είναι σημαντικό να μεταφερθεί από σύστημα σε σύστημα, να ταξινομηθεί και να επεξεργαστεί μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Άσχετα με το γεγονός ότι όλα τα στοιχεία είναι παγωμένα στο χρόνο "t", η επεξεργασία πρόκειται να επαναληφθεί και να συνεχιστεί καθώς ο χρόνος συνεχίζεται. Συνεπώς, οι τάσεις που αναλύθηκαν θα διαφέρουν σε τιμές. Για μερικά συστήματα (π.χ. ποτενσιόμετρα, μετατροπείς, σερβομηχανισμούς, κλπ) οι τάσεις ποικίλλουν ενώ για άλλα (διακόπτες κλπ) λειτουργούν σε σταθερές καταστάσεις on/off. Τα πρώτα ονομάζονται αναλογικά δεδομένα και τα δεύτερα ψηφιακά.

Τα δυαδικά δεδομένα μπορούν εύκολα να επεξεργαστούν από ένα ψηφιακό υπολογιστή, αντιθέτως τα αναλογικά σήματα πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε δυαδικά για να μπορέσουν να γίνουν κατανοητά από τον υπολογιστή.

Το σύστημα διασύνδεσης πρέπει να περιλαμβάνει:

- i) Κυκλώματα τα οποία μπορούν να μετατρέψουν ένα φυσικό μέγεθος σε ηλεκτρικό σήμα.
- ii) Κυκλώματα που μετατρέπουν τα αναλογικά στοιχεία σε ψηφιακά.
- iii) Κυκλώματα κωδικοποίησης των ψηφιακών δεδομένων.
- iv) Κυκλώματα ταξινόμησης.

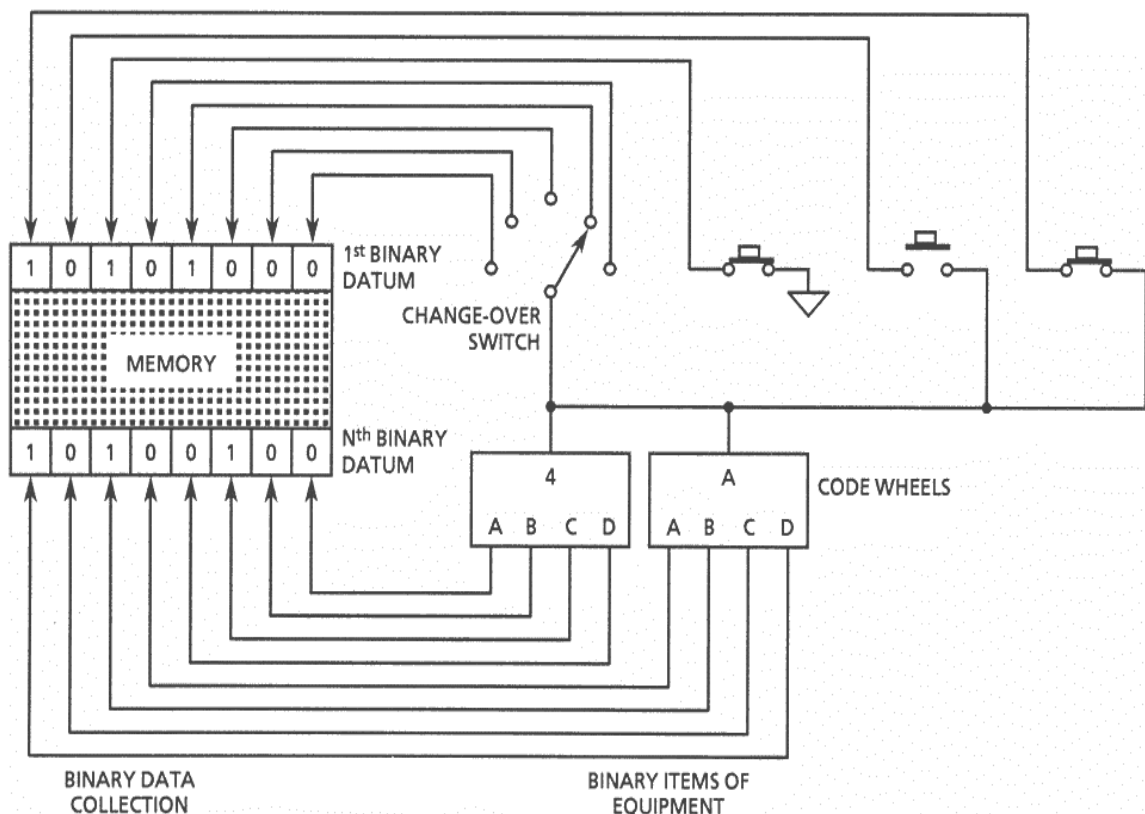
Η φάση απόκτησης των δεδομένων περιλαμβάνει την αντίληψη και την καταγραφή τους από τον υπολογιστή. Υπό τον έλεγχο του υπολογιστή το σύστημα διασύνδεσης διαβάζει το πρώτο στοιχείο, το μετατρέπει (αν είναι αναλογικό), το κωδικοποιεί εφόσον χρειάζεται και η διαδικασία συνεχίζεται. Τα τελευταία αρχεία αποθηκεύονται στην μνήμη του υπολογιστή.

Το αναλογικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή, σε ορισμένο αριθμό από bits. Αυτή η κωδικοποιημένη πληροφορία αντιπροσωπεύει ένα μόνο στοιχείο από τον εξοπλισμό (ή ακόμα ένα κομμάτι από αυτόν). Εναλλακτικά, ο εξοπλισμός που λειτουργεί με σταθερές καταστάσεις on/off αναπαριστάται με ένα μόνο bit. Για λόγους ευκολίας, μερικά από αυτά τα ψηφιακά κομμάτια του εξοπλισμού ομαδοποιούνται σε μία λέξη (word).

Στη συνέχεια αφού τα δεδομένα διαβαστούν μεταφέρονται το ένα μετά το άλλο και σε σειρά που καθορίζεται από τον υπολογιστή. Αυτό υποδηλώνει μια αναγνώριση των δεδομένων από το σύστημα διασύνδεσης.

Ωστόσο είναι απαραίτητο να οριστεί μια διεύθυνση από το σύστημα διασύνδεσης για αυτά τα δεδομένα.

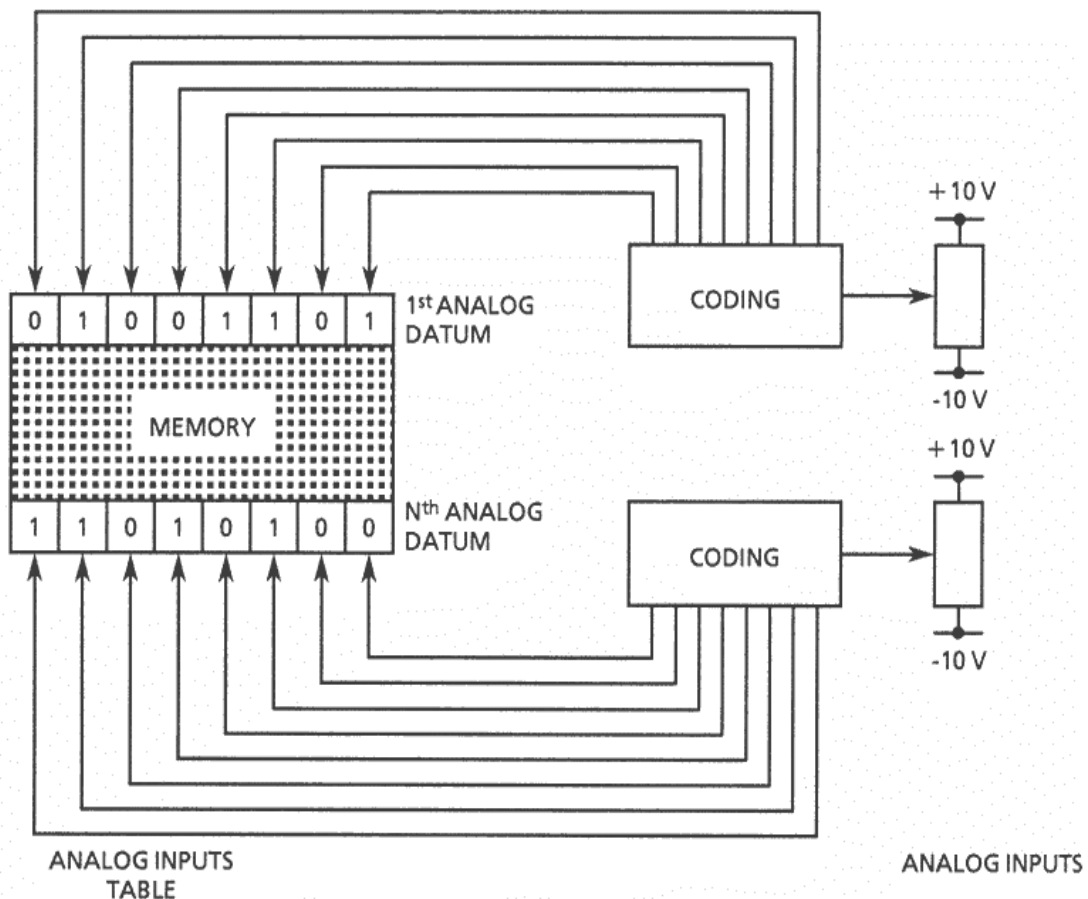
Ο υπολογιστής αποθηκεύει κάθε στοιχείο σε περιοχές της μνήμης του : σε μια "x" διεύθυνση της μνήμης του υπολογιστή είναι τοποθετημένο ένα "y" στοιχείο. Επομένως, μια εικόνα της θέσης όλων των στοιχείων του εξοπλισμού στο χρόνο "t" έχει δημιουργηθεί μέσα στον υπολογιστή (σχήμα 11).



Σχήμα 11. Εικόνα ψηφιακών στοιχείων μέσα στον υπολογιστή

Αυτά τα ψηφιακά κομμάτια του εξοπλισμού ονομάζονται δυαδικοί είσοδοι. Το ίδιο πράγμα ισχύει και για τις αναλογικές εισόδους (σχήμα 12).

Φυσικά, αυτοί οι πίνακες εισαγωγής περιέχουν ένα φυσικό μέγεθος (σε δυαδική μορφή) το οποίο μπορεί να είναι ύψος (σε πόδια, για παράδειγμα), ή περιστροφές ανά λεπτό ή μια τάση που συνδέεται με μια θέση ενός οργάνου.



Σχήμα 12. Εικόνα αναλογικών στοιχείων μέσα στον υπολογιστή

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Μόλις οι DI (digital inputs) και AI (analog inputs) πίνακες γεμίσουν, ο υπολογιστής τρέχει διάφορα προγράμματα για να λύσει τις εξισώσεις που προέρχονται από τα μαθηματικά πρότυπα. Ενώ τα προγράμματα τρέχουν, τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σ' ένα πίνακα εξόδων.

Αυτός ο πίνακας περιέχει τη θέση που όλες οι συσκευές εξόδου θα είχαν στο χρόνο "t". Οι πίνακες εξόδου περιέχουν την κατάσταση της μηχανής με κωδικοποιημένη ψηφιακή μορφή, με τον ίδιο τρόπο κατά τον οποίο τα δεδομένα εισόδου είχαν κωδικοποιηθεί.

### ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Όταν οι πίνακες εξόδου γεμίσουν, απαιτείται το περιεχόμενό τους να μεταφερθεί στον σύστημα απεικόνισης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω:

- i) κυκλωμάτων αποπλεξίας τα οποία κατευθύνουν τα δεδομένα στις σωστές διευθύνσεις,
- ii) κυκλωμάτων αποκωδικοποίησης και μετατροπής των οποίων ο σκοπός είναι να μετατρέψουν δυαδικά δεδομένα σε αναλογική μορφή.

Έτσι, ο χρήστης της μηχανής θα δει τα αποτελέσματα των εντολών που προκύπτουν από δικές του ενέργειες σε ένα δεδομένο χρόνο.

Ωστόσο, να σημειώσουμε εδώ ότι οι πληροφορίες εξόδου είναι διαθέσιμες στους ενδείκτες μόνο κατά τη διάρκεια του χρόνου της μεταφοράς τους σε αυτό τον εξοπλισμό. Επομένως, είναι απαραίτητο να αποθηκευτούν πριν μεταφερθούν σε άλλο κομμάτι του συστήματος.

Συνεπώς, το σύστημα διασύνδεσης πρέπει να είναι συμβατό με τις αναλογικές και ψηφιακές μνήμες. Τελικά, σε ορισμένους τύπους συσκευών, χρησιμοποιούνται ειδικοί προσαρμογείς (αντάπτορες).

## **Κεφάλαιο 1.3**

### **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

#### **ΣΚΟΠΟΣ**

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε την λειτουργία των διάφορων συστημάτων ασφαλείας του εξομοιωτή πτήσεων.

#### **ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ**

##### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Οι διακόπτες έκτακτης ανάγκης είναι κόκκινοι στρογγυλοί ή εναλλακτικά κόκκινοι τετράγωνοι και φωτιζόμενοι. Όταν ενεργοποιηθούν διακόπτουν όλες τις τροφοδοσίες του εξομοιωτή εκτός από τα 24 V τα οποία συνεχίζουν να τροφοδοτούν τον παρακάτω εξοπλισμό:

- i) Πάνελ συναγερμού πυρκαγιάς.
- ii) Γέφυρα πρόσβασης.
- iii) Ενδοεπικοινωνίες.
- iv) Φωτισμό έκτακτης ανάγκης.

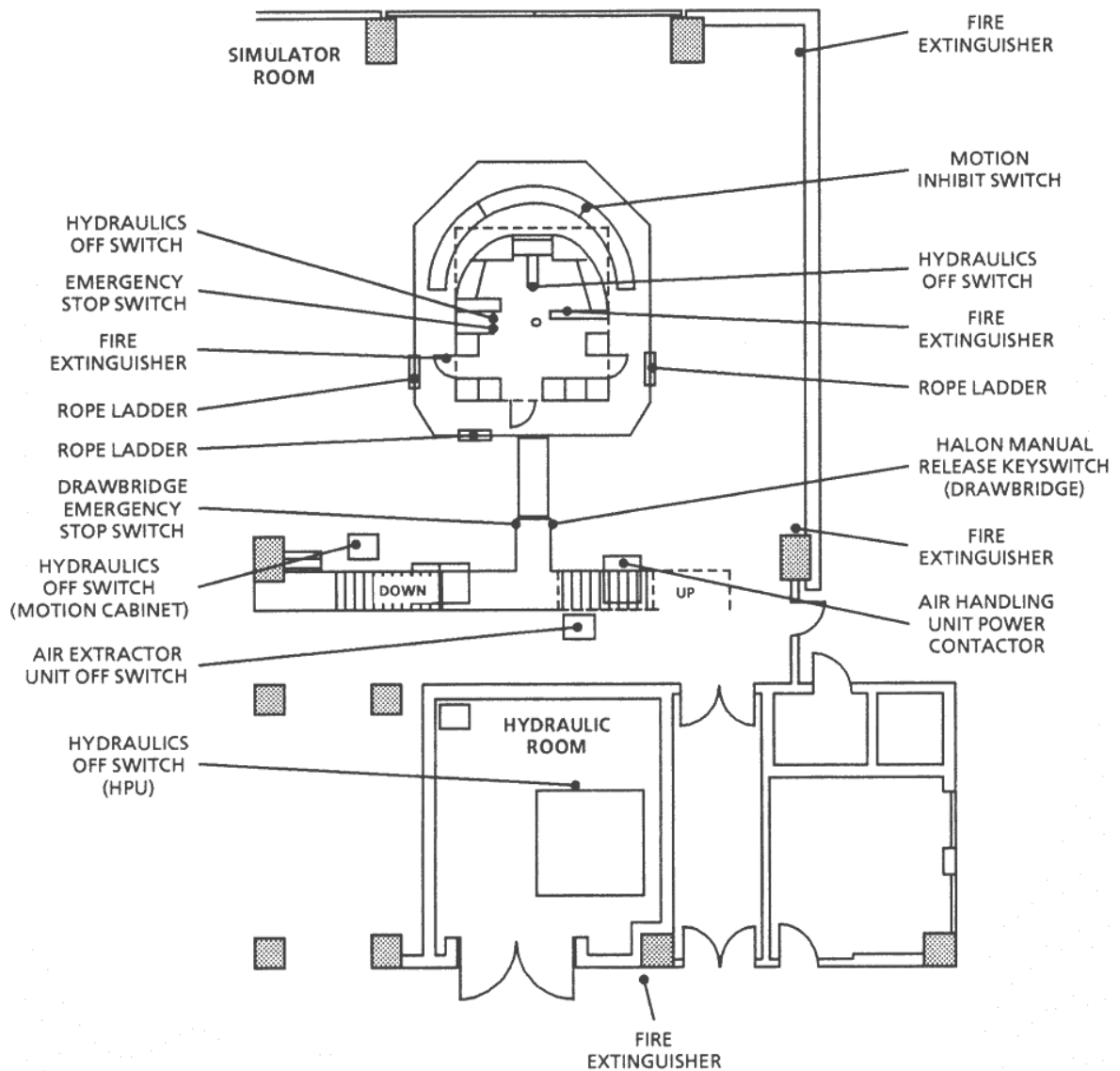
Όταν ενεργοποιηθούν οι διακόπτες έκτακτης ανάγκης προκαλούν καθήλωση του εξομοιωτή, εφόσον είναι σε πτήση, και επέκταση της γέφυρας πρόσβασης για να διαφύγει το πλήρωμα.

#### **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ**

Οι διακόπτες έκτακτης ανάγκης είναι τοποθετημένοι στις ακόλουθες θέσεις (σχήμα 13):

- Καμπίνα ισχύος,
- Θέση εκπαιδευτή πιλότων (IOS).
- Χώρος βιντεοπροβολών του συστήματος απεικόνισης,
- Γέφυρα πρόσβασης





Σχήμα 13. Χωροθέτηση συστημάτων ασφαλείας

## **ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ**

### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Όταν ενεργοποιηθούν οι διακόπτες υδραυλικών έκτακτης ανάγκης διακόπτουν την τροφοδοσία των αντλιών με αποτέλεσμα να καθηλωθεί η πλατφόρμα κίνησης (εφόσον είναι σε κίνηση) και να πέσει η γέφυρα πρόσβασης. Ωστόσο, η ηλεκτρική τροφοδοσία του εξομοιωτή παραμένει ανεπηρέαστη.

### **ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ**

Οι διακόπτες υδραυλικών έκτακτης ανάγκης είναι τοποθετημένοι στις ακόλουθες θέσεις

(σχήμα 13):

- i) Θέση εκπαιδευτή πιλότων (IOS).
- ii) Χώρο παροχής υδραυλικής ισχύος.
- iii) Στο κέντρο κάτω από τη βάση της πλατφόρμας κίνησης.

## **ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ**

Το σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να διακόπτεται η λειτουργία του όταν ξεπεραστούν κάποια καθορισμένα όρια ταχύτητας και δύναμης. Εάν τα χειριστήρια τεθούν εκτός λειτουργίας αυτόματα τίθεται εκτός και το σύστημα κίνησης.

## **ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑΣ/ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

### **ΣΚΟΠΟΣ**

Το αυτόματο σύστημα πυρασφάλειας/πυροπροστασίας είναι σχεδιασμένο να:

- i) Ανιχνεύει τα συμπτώματα της πυρκαγιάς όπως η άνοδος στη θερμοκρασία, η παρουσία καπνού κλπ.
- ii) Προειδοποιεί το προσωπικό, μέσω συναγερμού, για το ξέσπασμα πυρκαγιάς, ή για τον εντοπισμό δυσλειτουργιών που μπορούν να οδηγήσουν σε ξέσπασμα πυρκαγιάς.
- iii) Ενημερώνει το διαγνωστικό σύστημα GOLD για το χώρο ξεσπάσματος της πυρκαγιάς.
- iv) Είναι ικανό να διακόψει τις τροφοδοσίες στην καμπίνα παροχής ισχύος.
- v) Είναι ικανό να καθηλώσει τον εξομοιωτή και να επιτρέψει την εκκένωσή του από το προσωπικό.
- vi) Ενεργοποιήσει το σύστημα πυρόσβεσης halon (μετά από καθορισμένο χρόνο καθυστέρησης) μέσα στην καμπίνα του πιλοτηρίου εφόσον οι συνθήκες φτάσουν σε επικίνδυνο σημείο.

## ΣΥΝΘΕΣΗ

Το σύστημα περιλαμβάνει:

- i) Το σύστημα πυρανίχνευσης και πυροπροστασίας Cerberus.
- ii) Ανιχνευτές καπνού, (οπτικούς και ιονισμού).
- iii) Ανιχνευτές θερμοκρασίας ( $\geq 45^{\circ}\text{C}$  and  $\geq 55^{\circ}\text{C}$ ) τοποθετημένοι μέσα στις καμπίνες ηλεκτρονικού εξοπλισμού και στο πιλοτήριο.
- iv) Ανιχνευτές ροής αέρα.
- v) Ένα ακουστικό σύστημα προειδοποίησης.
- vi) Ένα σύστημα τροφοδοσίας 24 V.
- vii) Σύστημα πυρόσβεσης Halon μέσα στην καμπίνα του εξομοιωτή.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η λειτουργία του συστήματος πυροπροστασίας μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις λειτουργίες οι οποίες ελέγχονται από το πάνελ του συστήματος Cerberus TGE 02I: ανίχνευση, προειδοποίηση/διακοπή τροφοδοσίας και κατάσβεση. Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και χειροκίνητα.

### Ανίχνευση

Το σύστημα Cerberus χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους ζώνες λειτουργίας, μία για εντοπισμό υπερθέρμανσης μέσα στις καμπίνες και μία ανίχνευση καπνού.

### Ανίχνευση υπερθέρμανσης μέσα στις καμπίνες

Οι ανιχνευτές θερμοκρασίας ( $\geq 45^{\circ}\text{C}$  και  $\geq 55^{\circ}\text{C}$ ) είναι τοποθετημένοι στις καμπίνες του πιλοτηρίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 14. Εάν η θερμοκρασία ανιχνευθεί μέσα στην καμπίνα ότι έφτασε ή ξεπέρασε τους  $45^{\circ}\text{C}$ , ενεργοποιείται μια ηχητική προειδοποίηση, ενώ εάν φτάσει ή ξεπεράσει τους  $55^{\circ}\text{C}$ , διακόπεται η τροφοδοσία του εξομοιωτή. Και στις δύο περιπτώσεις, οι καταστάσεις παρουσιάζονται στο διαγνωστικό σύστημα GOLD.

### Ανίχνευση καπνού

Δύο τύποι ανιχνευτών καπνού χρησιμοποιούνται, ιονισμού και οπτικοί. Οι σένσορες αυτοί φαίνονται στο σχήμα 14. Εάν εντοπιστεί καπνός από τον ένα ή τον άλλο ανιχνευτή ενεργοποιείται μια ηχητική προειδοποίηση, ενώ αν και οι δύο ανιχνευτές εντοπίσουν καπνό διακόπτονται οι τροφοδοσίες του εξομοιωτή. Οποιοσδήποτε τύπος ανιχνευτή ενεργοποιηθεί ενημερώνει το διαγνωστικό σύστημα GOLD.

### Ανίχνευση ροής αέρος

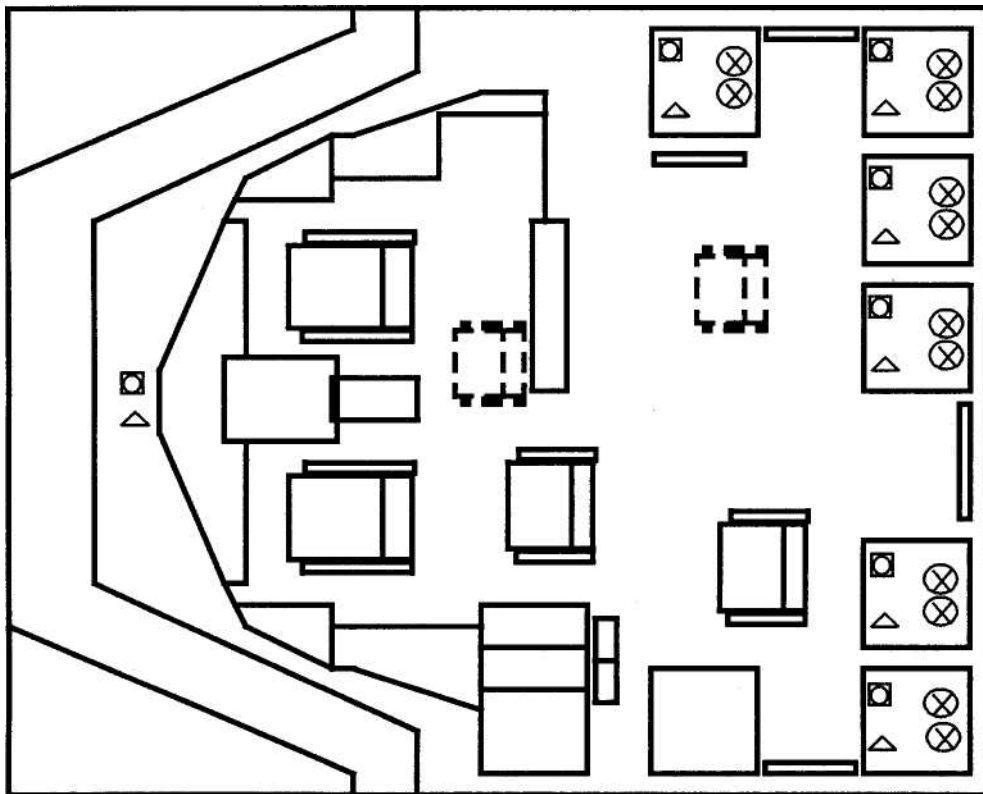
Οι ανιχνευτές ροής αέρος είναι τοποθετημένοι στην καμπίνα L (έξω από το χώρο του πιλοτηρίου, μαζί με το FMC). Εάν εντοπιστεί ότι η ροή αέρος έχει σταματήσει τότε διακόπεται η τροφοδοσία του εξομοιωτή και ενημερώνεται το GOLD.

### Προειδοποιήσεις/κλείσιμο

Για συνθήκες καπνού ή υπερθέρμανσης ενεργοποιείται ηχητικός συναγερμός και ανάλογα με την σοβαρότητα της κατάστασης έχουμε διακοπή ή όχι της τροφοδοσίας του εξομοιωτή.

### Πυρόσβεση

Το σύστημα πυρόσβεσης απελευθερώνει halon μέσα στο πιλοτήριο μετά από εντολή του υπολογιστή πυρασφάλειας/πυρανίχνευσης Cerberus. Υπάρχει μια ρυθμιζόμενη χρονοκαυστέρηση 30 δευτερολέπτων μεταξύ της διακοπής της τροφοδοσίας του εξομοιωτή και της κατάσβεσης. Αυτό δίνει το χρόνο να καθηλωθεί η πλατφόρμα κίνησης, να επεκταθεί η γέφυρα πρόσβασης και να εκκενωθεί η καμπίνα από το πλήρωμα.



#### KEY

SMOKE DETECTORS:	△
IONISATION DETECTORS:	◻
OVERHEAT DETECTORS:	⊗

Σχήμα 14. Χωροθέτηση ανιχνευτών υπερθέρμανσης και φωτιάς

### ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

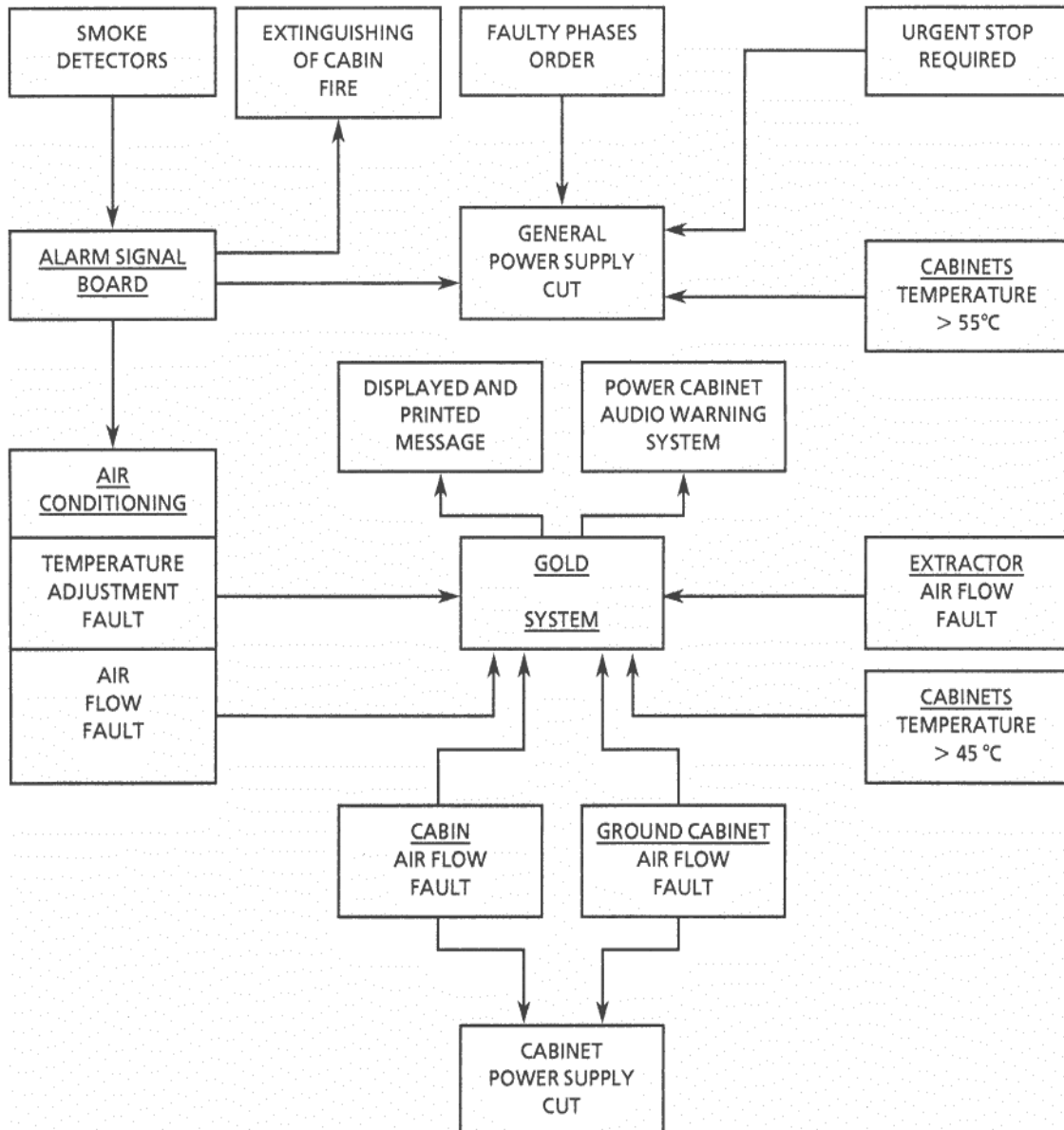
Κατά την διάρκεια της διακοπής της τροφοδοσίας η επικοινωνία μεταξύ πιλοτηρίου και δωματίου υπολογιστών είναι δυνατή μέσω του τηλεφώνου έκτακτης ανάγκης το οποίο τροφοδοτείται από εφεδρική τροφοδοσία 24 V.

### ΣΗΜΑΤΑ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

Μια προειδοποιητική φωτεινή επιγραφή πάνω από την είσοδο της καμπίνας του πιλοτηρίου παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση του εξομοιωτή. Επίσης, ένας φάρος αναβοσβήνει στο κέντρο κάτω από την πλατφόρμα κίνησης, ο οποίος υποδηλώνει την ύπαρξη ή όχι υδραυλικής ισχύος. Τέλος, ένας φάρος αναβοσβήνει και ταυτόχρονα ακούγεται ένα ηχητικό σήμα κατά την διάρκεια επέκτασης της γέφυρας πρόσβασης.

### ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

Εάν διακοπεί η τροφοδοσία στην καμπίνα ισχύος, φωτισμός έκτακτης ανάγκης παρέχεται μέσω εφεδρικής τροφοδοσίας 24 V.



Σχήμα 15. Γενικό μπλοκ διάγραμμα των συστημάτων ασφαλείας

## **Κεφάλαιο 1.4** **ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ**

### **ΓΕΝΙΚΑ**

#### **ΣΚΟΠΟΣ**

Το σύστημα παροχής και διανομής ηλεκτρικής ισχύος τροφοδοτείται με τριφασική ac τάση 415/240 V 50 Hz από ένα πίνακα διανομής και ταυτόχρονα από σύστημα αδιάλειπτης παροχής ισχύος (UPS). Το σύστημα παροχής και διανομής ηλεκτρικής ισχύος τροφοδοτεί με τη σειρά του τα διάφορα συστήματα του εξομοιωτή και περιλαμβάνει τα παρακάτω υποσυστήματα:

- i) Διανομή 50 Hz.
- ii) Παραγωγή και διανομή 400 Hz
- iii) Παραγωγή και διανομή DC τάσεων
- iv) DC τάση έκτακτης ανάγκης.

#### **50 Hz ΠΑΡΟΧΗ**

Ο πίνακας διανομής τροφοδοτεί μέσω τεσσάρων ασφαλειών τον παρακάτω εξοπλισμό:

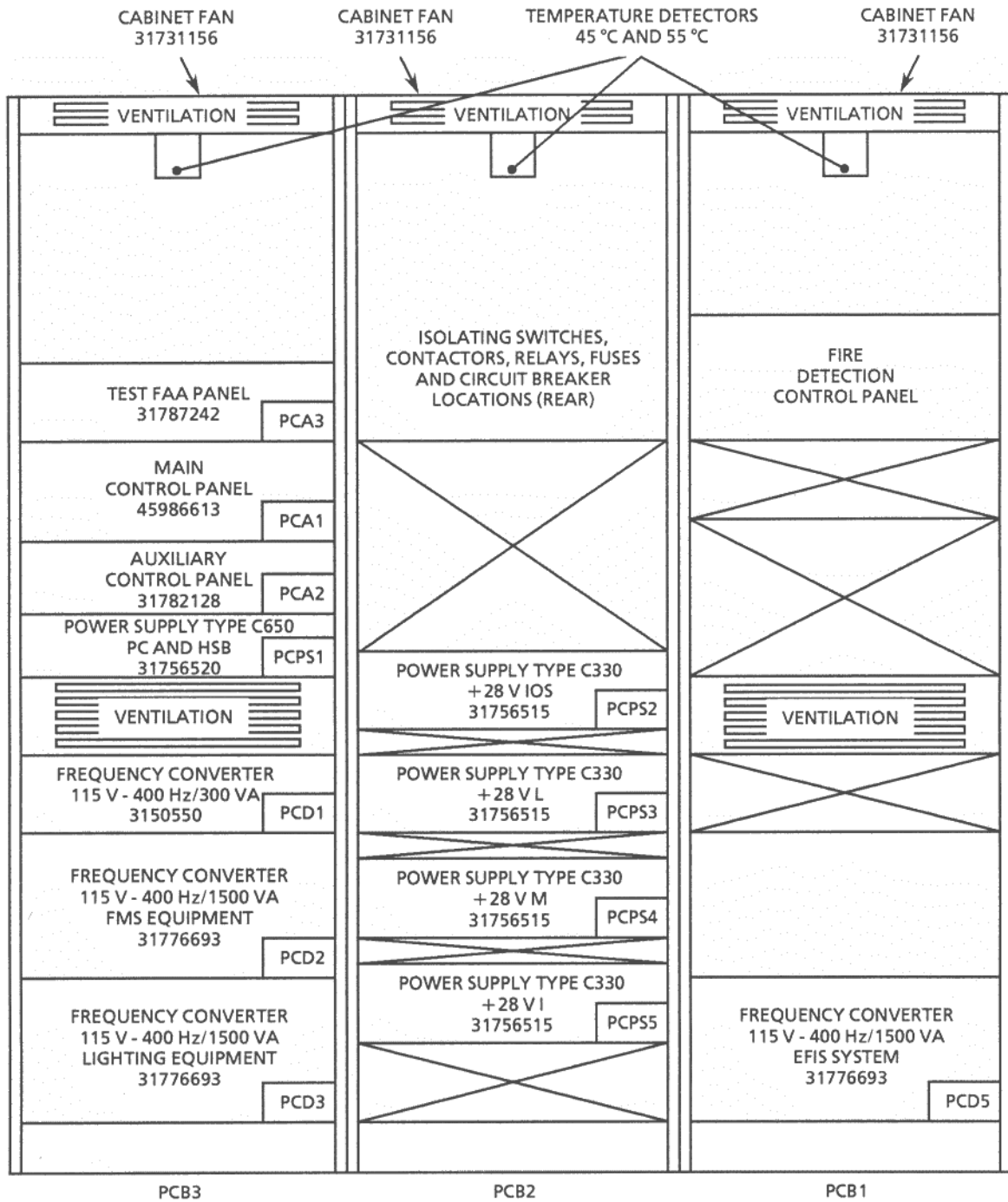
- i) τις δύο αντλίες του συστήματος κίνησης (125 A).
- ii) την αντλία του συστήματος ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους (40 A).
- iii) το σύστημα κλιματισμού (40 A).
- iv) το σύστημα εξαγωγής αέρα (6 A).

Τα UPS τροφοδοτούν με 415 V, 3 φάσεις ένα μετασχηματιστή 80 KVA, μέσω ασφαλειών 115 A και διακόπτη απομόνωσης φορτίου. Η έξοδος του μετασχηματιστή είναι 380/220 V 50 Hz 3 φάσεων σε συνδεσμολογία αστέρα η οποία τροφοδοτεί την καμπίνα ισχύος μέσω ασφάλειας 125 A.

#### **ΚΑΜΠΙΝΑ ΙΣΧΥΟΣ**

Η καμπίνα ισχύος (σχήμα 16) αποτελείται από τρεις επιμέρους καμπίνες οι οποίες όλες μαζί περιλαμβάνουν:

- i) Κυκλώματα ελέγχου.
- ii) Κυκλώματα διανομής.
- iii) Τροφοδοτικά και μετατροπείς συχνότητων 400 Hz

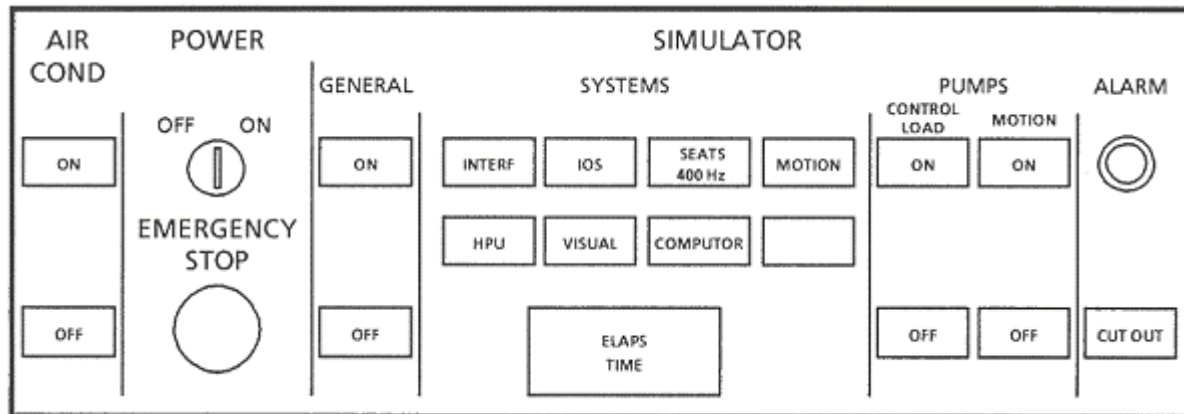


Σχήμα 16. Καμπίνα ισχύος

### Πάνελ ελέγχου

Η καμπίνα ισχύος περιλαμβάνει τρία πάνελ:

- i) Κεντρικό πάνελ (σχήμα 17). Περιέχει διακόπτες οι οποίοι ενεργοποιούν/απενεργοποιούν διάφορα συστήματα του εξομοιωτή. Επίσης, περιλαμβάνει διακόπτη έκτακτης ανάγκης και ηχητικό alarm.
- ii) Βοηθητικό πάνελ. Περιέχει διακόπτες reset του συστήματος κίνησης και του συστήματος ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους.
- iii) Πάνελ για τεστ. Χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια συντήρησης του εξομοιωτή για διάφορα τεστ του συστήματος.



**Σχήμα 17. Καμπίνα ισχύος (κεντρικό πάνελ)**

### ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η καμπίνα ισχύος μπορεί να λειτουργήσει σε δύο καταστάσεις: STANDARD και GENERAL. Ο STANDARD τρόπος λειτουργίας παρέχεται μόνο σε περιόδους συντήρησης παρακάμπτει τα συστήματα ανίχνευσης υπερθέρμανσης, καπνού και το σύστημα ανίχνευσης ροής αέρος. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν κανονικά στον τρόπο λειτουργίας GENERAL. Και στις δύο καταστάσεις η ηλεκτρική ισχύς παρέχεται στο σύστημα μέσω των διακοπών GENERAL ON και GENERAL OFF από πάνελ ελέγχου της καμπίνας ισχύος.

### Παροχή 400 Hz

Τέσσερις αντιστροφείς χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τα 380/220 V AC 60 Hz τριφασικά σε τέσσερις μονοφασικές παροχές 115 V AC 400 Hz. Οι έξοδοι των αντιστροφέων είναι 300 VA και τροφοδοτούν ένα step-down μετασχηματιστή στην καμπίνα F για να έχουμε παραγωγή 26 V AC, 400 Hz. Οι αντιστροφείς τροφοδοτούν κυρίως όργανα του πιλοτηρίου και συγκεκριμένα το FMC (Flight Management Computer) και τα EFIS (Electronic Flying Instrument System). Ένας άλλος αντιστροφέας χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τα 380/220 50 Hz τριφασικά σε 200 V 400 Hz και να τροφοδοτήσει την θέση του εκπαιδευτή των πιλότων και του παρατηρητή.



## **Κεφάλαιο 1.5**

### **ΦΩΤΙΣΜΟΣ**

#### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στον εξομοιωτή πτήσεων παρέχεται ο ακόλουθος φωτισμός:

- Φωτισμός πιλοτηρίου.
- Φωτισμός καμπίνας (πληρώματος/εκπαιδευτή/κεντρικός, κανονικός και έκτακτης ανάγκης).
- Φωτισμός συντήρησης.

#### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

##### **ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΙΛΟΤΗΡΙΟΥ**

Ο φωτισμός του πιλοτηρίου είναι ρυθμιζόμενης έντασης και εξομοιώνει απόλυτα το πραγματικό αεροσκάφος. Οι λαμπτήρες είναι 5 V, 400 Hz και παρέχουν επαρκή φωτισμό σε κυβερνήτη και συγκυβερνήτη. Η καμπίνα F του πιλοτηρίου είναι υπεύθυνη για τον φωτισμό και διανέμει ισχύ ώστε να φωτιστούν κατάλληλα τα πάνελ με τα όργανα του αεροσκάφους.

##### **ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΑΜΠΙΝΑΣ**

###### **Φωτισμός πληρώματος**

Δύο 28 V ρυθμιζόμενοι λαμπτήρες παρέχονται για χρήση από το πλήρωμα του αεροσκάφους και από τον παρατηρητή. Οι λαμπτήρες αυτοί είναι τοποθετημένοι πίσω από τις θέσεις του πληρώματος.

###### **Φωτισμός εκπαιδευτή**

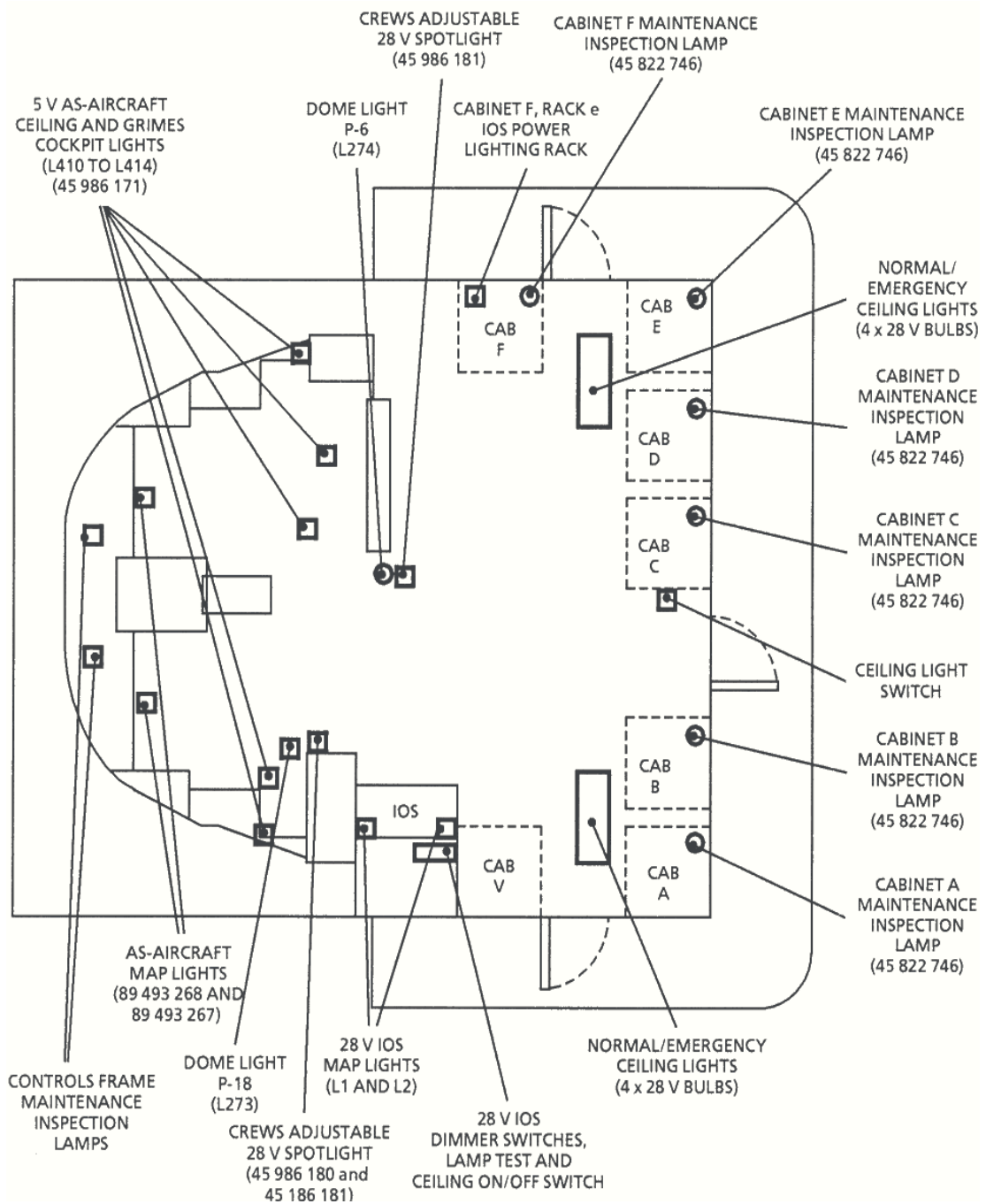
Ο φωτισμός της θέσης του εκπαιδευτή του πληρώματος παρέχεται από δύο πλήρως ρυθμιζόμενους λαμπτήρες 28 V οι οποίοι βρίσκονται ακριβώς πάνω από τις οθόνες.

###### **Κεντρικός φωτισμός (φωτισμός έκτακτης ανάγκης)**

Δύο φωτιστικά σώματα φωτίζουν το πίσω μέρος της καμπίνας. Κάθε φωτιστικό σώμα έχει τέσσερις λαμπτήρες 28 V και ανάβουν ταυτόχρονα από την είσοδο της καμπίνας και από τη θέση του εκπαιδευτή των πιλότων.

##### **ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

Ένας λαμπτήρας συντήρησης 24 V, 15 W παρέχεται σε κάθε καμπίνα της πλατφόρμας κίνησης. Είναι συνδεδεμένοι με καλώδιο σπирάλ έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η μετακίνησή τους. Άλλοι τρεις λαμπτήρες είναι τοποθετημένοι κάτω από την πλατφόρμα κίνησης για να χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια συντήρησης.



Σχήμα 18. Φωτισμός εξομοιωτή πτήσεων

## Κεφάλαιο 1.6

### ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

#### ΓΕΝΙΚΑ

#### ΣΚΟΠΟΣ

Το σύστημα κλιματισμού παρέχει τις παρακάτω λειτουργίες:

- i) Εξαερισμό εξοπλισμού της πλατφόρμας κίνησης,
- ii) Κλιματισμό πιλοτηρίου,
- iii) Εξαερισμό εξοπλισμού μέσα στο δωμάτιο υπολογιστών.

#### ΣΥΝΘΕΣΗ

Το σύστημα εξαερισμού και κλιματισμού της πλατφόρμας περιλαμβάνει δύο υποσυστήματα, τα οποία λειτουργούν με διαφορετικό τρόπο καθώς το καθένα από αυτά έχει διαφορετικές απαιτήσεις παροχής και διανομής αέρα. Μία ανεξάρτητη μονάδα εκτός πλατφόρμας παρέχει τις διαφορετικές απαιτήσεις αέρα και στα δύο υποσυστήματα, ενώ ένας ανεμιστήρας εξαγωγής είναι κοινός και για τα δύο υποσυστήματα.

Να αναφέρουμε εδώ πως οι συνθήκες κλιματισμού (θερμοκρασία, υγρασία) μέσα στο δωμάτιο υπολογιστών είναι σταθερές και παρέχονται-ελέγχονται από μία ανεξάρτητη κλιματιστική μονάδα. Επίσης, κάθε καμπίνα ηλεκτρονικού εξοπλισμού είναι εφοδιασμένη με ανεμιστήρες οι οποίοι διανέμουν τον αέρα από την κύρια κλιματιστική μονάδα.

Το όλο σύστημα κλιματισμού και εξαερισμού του εξομοιωτή πτήσεων περιλαμβάνει:

- Μια κλιματιστική μονάδα Capii CIM 2110A, τοποθετημένη εκτός πλατφόρμας.
- Μια αερόψυκτη μονάδα συμπύκνωσης με δύο ανεμιστήρες τοποθετημένη έξω από το χώρο του εξομοιωτή.
- Ένα σύστημα διανομής για εξαερισμό του εξοπλισμού της πλατφόρμας (σταθερής θερμοκρασίας).
- Ένα σύστημα διανομής για κλιματισμό του πιλοτηρίου (μεταβλητής θερμοκρασίας).
- Σωληνώσεις, βαλβίδες, πρεσοστάτες, κλπ.
- Αισθητήρια θερμοκρασίας.
- Ανιχνευτές ροής αέρα.
- Ένα σύστημα εξαγωγής αέρα.
- Ένα σύστημα εύκαμπτων σωληνώσεων το οποίο συνδέει την παροχή αέρα με την πλατφόρμα κίνησης.

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

### Μονάδα κλιματισμού

Η κλιματιστική μονάδα Carii CIM 2110, μέσω δύο εξόδων παρέχει αέρα στον εξομοιωτή με τον ακόλουθο τρόπο:

- i) Μία έξοδος παρέχει αέρα στο σύστημα διανομής της καμπίνας με σκοπό να ψύχει τον εξοπλισμό της πλατφόρμας. Ο αέρας αυτός είναι ρυθμισμένος στους 15 °C και η ποσότητα παροχής του είναι περίπου 1500m<sup>3</sup> ανά ώρα.
- ii) Μία έξοδος παρέχει αέρα μέσα στο πιλοτήριο, ο οποίος ελέγχεται μέσω ενός θερμοστάτη σ' ένα ρυθμιζόμενο εύρος μεταξύ 15 - 27 °C. Η ποσότητα παροχής είναι περίπου 500m<sup>3</sup> ανά ώρα.

Ο κλιματισμός διατηρεί τη σχετική υγρασία στο πιλοτήριο σε ποσοστό όχι σε μεγαλύτερο από 70%.

### Εξαερισμός εξοπλισμού της πλατφόρμας κίνησης

Το σύστημα εξαερισμού του εξοπλισμού της πλατφόρμας φαίνεται στο σχήμα 19. Το κλιματιστικό μηχάνημα παρέχει αέρα στους 15 °C μέσω δύο εύκαμπτων αγωγών στο πίσω μέρος της πλατφόρμας κίνησης. Το πλαίσιο του εξομοιωτή έχει κοίλη δομή που χρησιμοποιείται για να διανείμει τον αέρα σε κάθε μια από τις επί του σκάφους θέσεις ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Ο αέρας περνάει μέσα από τις καμπίνες (βοηθούμενος από ανεμιστήρες) και έτσι ψύχει τις ηλεκτρονικές μονάδες. Ο θερμός αέρας συλλέγεται στο πάνω μέρος του πιλοτηρίου και απομακρύνεται από το σύστημα εξαγωγής. Η ψύξη του συστήματος οπτικής απεικόνισης (visual) φαίνεται επίσης στο σχήμα 19.

### ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΙΛΟΤΗΡΙΟΥ

Το σύστημα κλιματισμού του πιλοτηρίου φαίνεται στο σχήμα 20. Αέρας ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας διοχετεύεται από τη κλιματιστική μονάδα CIM μέσω εύκαμπτων αγωγών μέσα στο πιλοτήριο. Ένα πάνελ ελέγχου ανοιγοκλείνει μια βαλβίδα, ρυθμίζοντας κατά συνέπεια τη ροή αέρος ρεαλιστικά, όπως ακριβώς συμβαίνει στα πραγματικά αεροσκάφη.

Η γενική θερμοκρασία του αέρα μέσα στο πιλοτήριο είναι ρυθμιζόμενη από τον εκπαιδευτή του πληρώματος μεταξύ 18 °C και 22 °C.

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΕΡΑ

Το σύστημα εξαγωγής αέρα περιλαμβάνει ένα ανεμιστήρα Solyvent CDS31 και σωληνώσεις. Ο ανεμιστήρας είναι τοποθετημένος εκτός πλατφόρμας κίνησης. Ρουφάει αέρα από το πάνω μέρος του εξομοιωτή μέσω των σωληνώσεων και τον διοχετεύει έξω από την πλατφόρμα κίνησης.

Μία μονάδα του συστήματος πυρασφάλειας Cerberus είναι τοποθετημένη στο σημείο εξόδου του αέρα, η οποία περιλαμβάνει έναν διαφορικό διακόπτη πίεσης που λειτουργεί ως ανιχνευτής ροής. Μόλις ο ανιχνευτής διαπιστώσει διακοπή της ροής διακόπτονται και οι ηλεκτρικές τροφοδοσίες του εξομοιωτή.

### ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΔΩΜΑΤΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Οι καμπίνες μέσα στο δωμάτιο υπολογιστών ψύχονται από ανεμιστήρες οι οποίοι

βρίσκονται στην κορυφή κάθε καμπίνας.

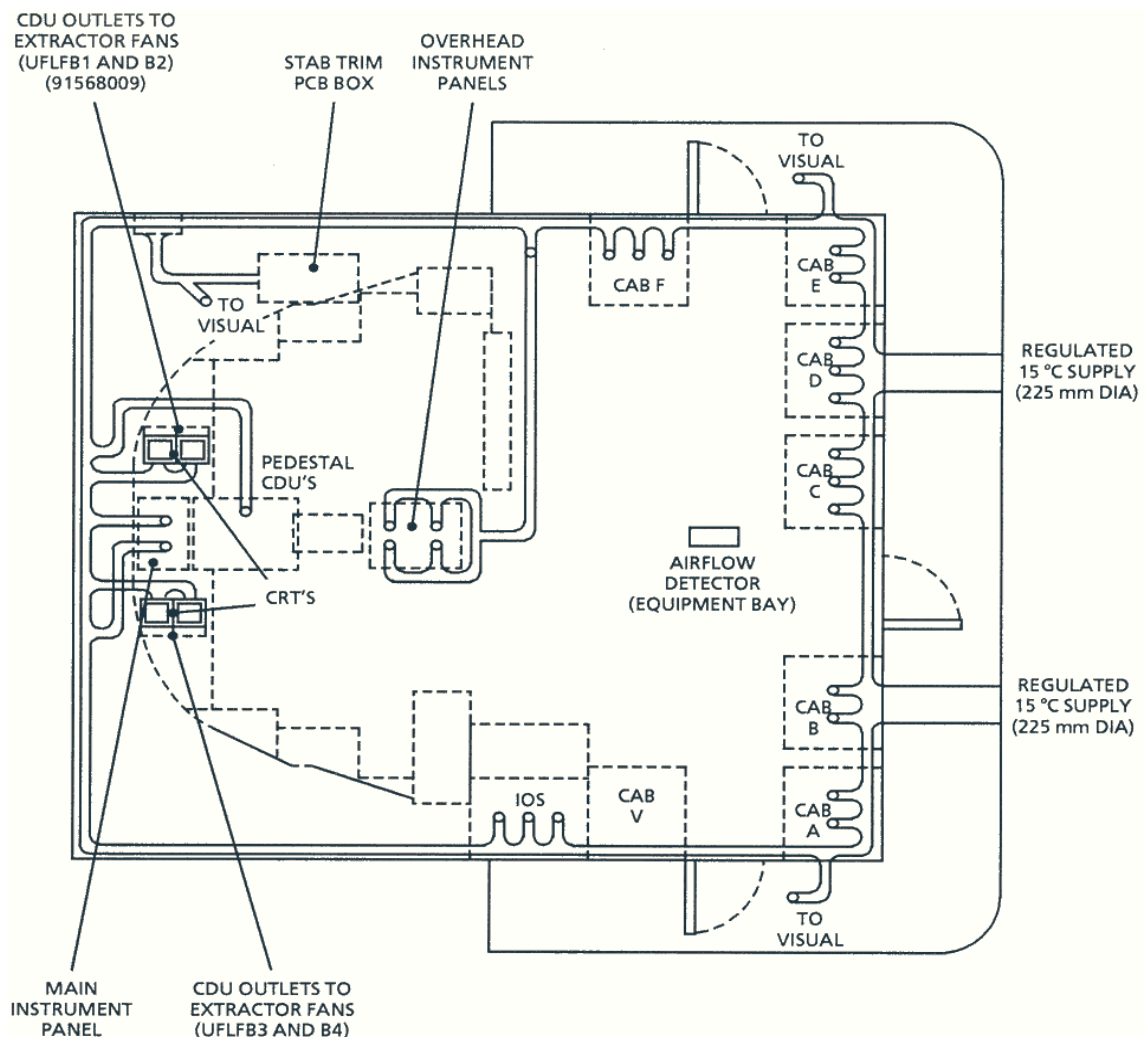
Καμπίνες οι οποίες φέρουν αεροπορικά όργανα και απαιτούν περαιτέρω εξαερισμό περιλαμβάνουν ανεμιστήρες και στην βάση τους. Οι ανεμιστήρες ελέγχονται από διαφορικό διακόπτη πίεσης.

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

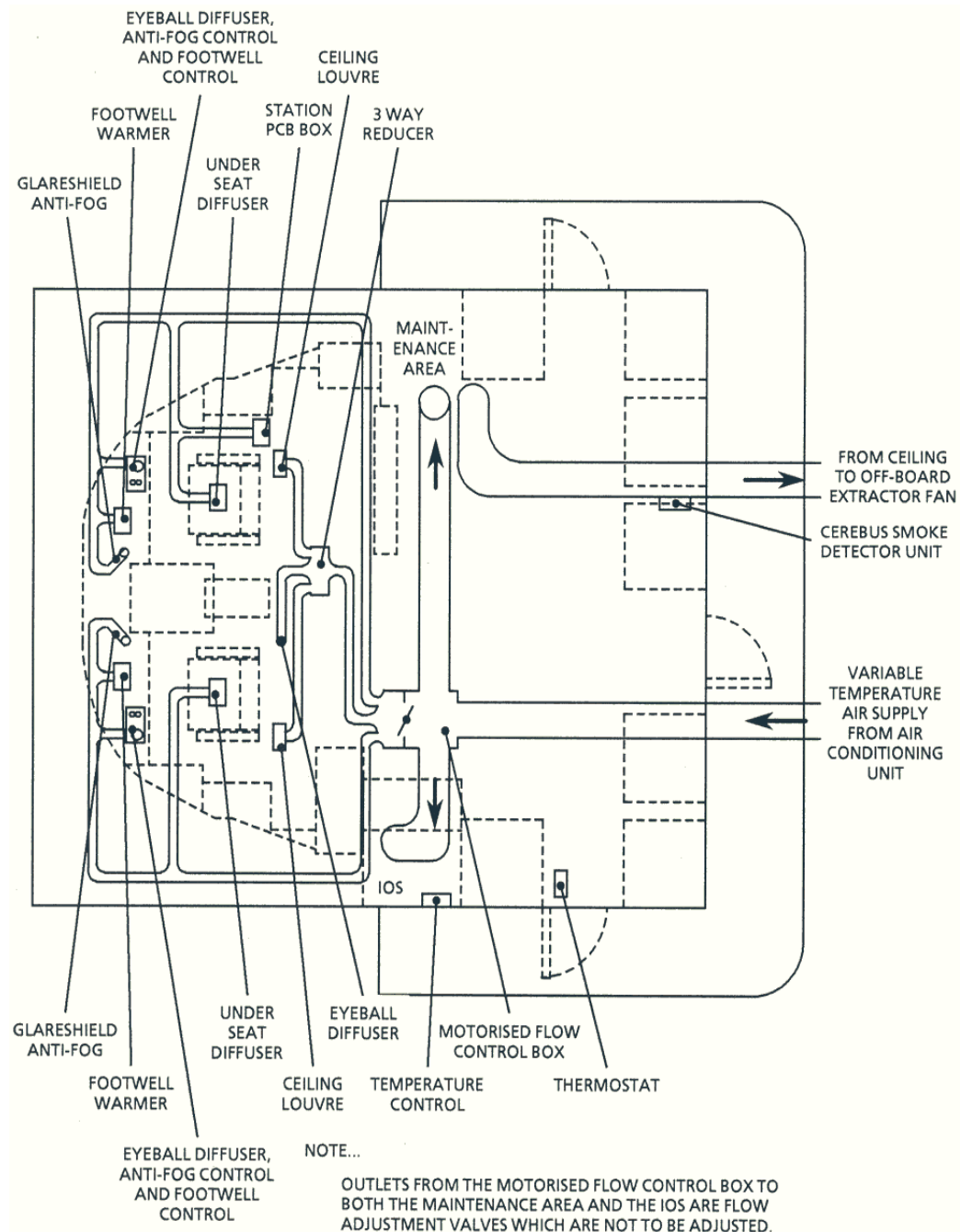
Το σύστημα εξαερισμού ελέγχεται άμεσα από διαφορικούς διακόπτες πίεσης. Αυτοί οι διακόπτες ενεργούν ως δείκτες ροής με την ανίχνευση μιας ελάχιστης διαφοράς πίεσης μεταξύ του ελεγχόμενου αέρα και του εξωτερικού αέρα.

Είναι τοποθετημένοι:

1. Στο κλιματιστικό μηχάνημα.
2. Στο σύστημα διανομής ψυχρού αέρα.
3. Στους ανεμιστήρες των καμπίνων εξοπλισμού.



Σχήμα 19. Εξαερισμός του εξοπλισμού της πλατφόρμας



Σχήμα 20. Διανομή αέρα για τον κλιματισμό του πιλοτηρίου

## Κεφάλαιο 1.7

### ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

#### ΓΕΝΙΚΑ

Τα πνευματικά συστήματα του εξομοιωτή πτήσεων παρέχουν:

- i) Εξομοίωση του συστήματος οξυγόνου του αεροσκάφους.
- ii) Συμπιεσμένο αέρα για να οδηγήσουν το πάνελ P-6 με τις ασφάλειες του αεροσκάφους καθώς και τις οθόνες του εκπαιδευτή του πληρώματος.
- iii) Συμπιεσμένο αέρα για να οδηγήσουν πνευματικές βαλβίδες οι οποίες χρησιμοποιούνται στο σύστημα καπνού για να κλείσουν την παροχή καπνού μέσα στον εξομοιωτή.

#### ΣΥΝΘΕΣΗ

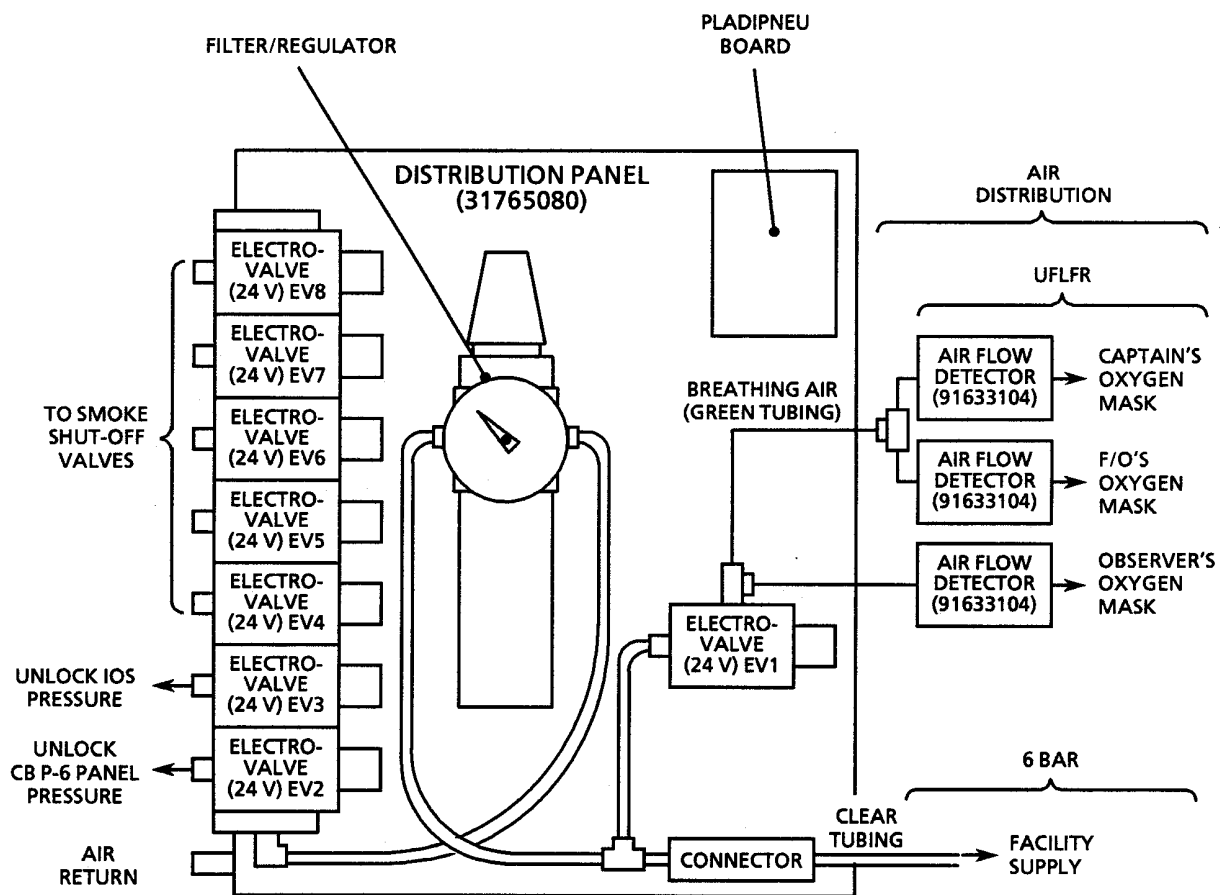
Το πνευματικό σύστημα του εξομοιωτή περιέχει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- i) Μια παροχή καθαρού αέρα η οποία χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα εξομοίωσης οξυγόνου, το πάνελ P-6 με τις ασφάλειες του αεροσκάφους και την θέση του εκπαιδευτή.
- ii) Ένα πνευματικό πάνελ διανομής αέρα που είναι τοποθετημένο στο κάτω μέρος της πλατφόρμας κίνησης.
- iii) Μάσκες οξυγόνου όμοιες με αυτές του αεροσκάφους για το πλήρωμα και για τον εκπαιδευτή και τον παρατηρητή.
- iv) Τρεις ανιχνευτές ροής αέρα, ένας για κάθε μάσκα.
- v) Πνευματικούς άξονες κίνησης, δύο για τον IOS και ένα για το πάνελ P-6 ,
- vi) Χειροκίνητες βαλβίδες για χειρισμό των παραπάνω αξόνων.

### Πάνελ διανομής συμπιεσμένου αέρα

Το πάνελ διανομής συμπιεσμένου αέρα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- i) Οκτώ ηλεκτροβαλβίδες, EV1 με EV8.
- ii) Ένα φίλτρο για τους μηχανισμούς (άξονες) κίνησης .
- iii) Μια ηλεκτρονική πλακέτα για έλεγχο των ηλεκτοβαλβίδων.



Σχήμα 21. Πάνελ διανομής συμπιεσμένου αέρα



## **ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΠΝΟΥ**

### **ΓΕΝΙΚΑ**

Σκοπός του συστήματος είναι η παραγωγή καπνού ανάλογα με την επιλογή βλάβης που έχει κάνει ο εκπαιδευτής.

### **ΣΥΝΘΕΣΗ**

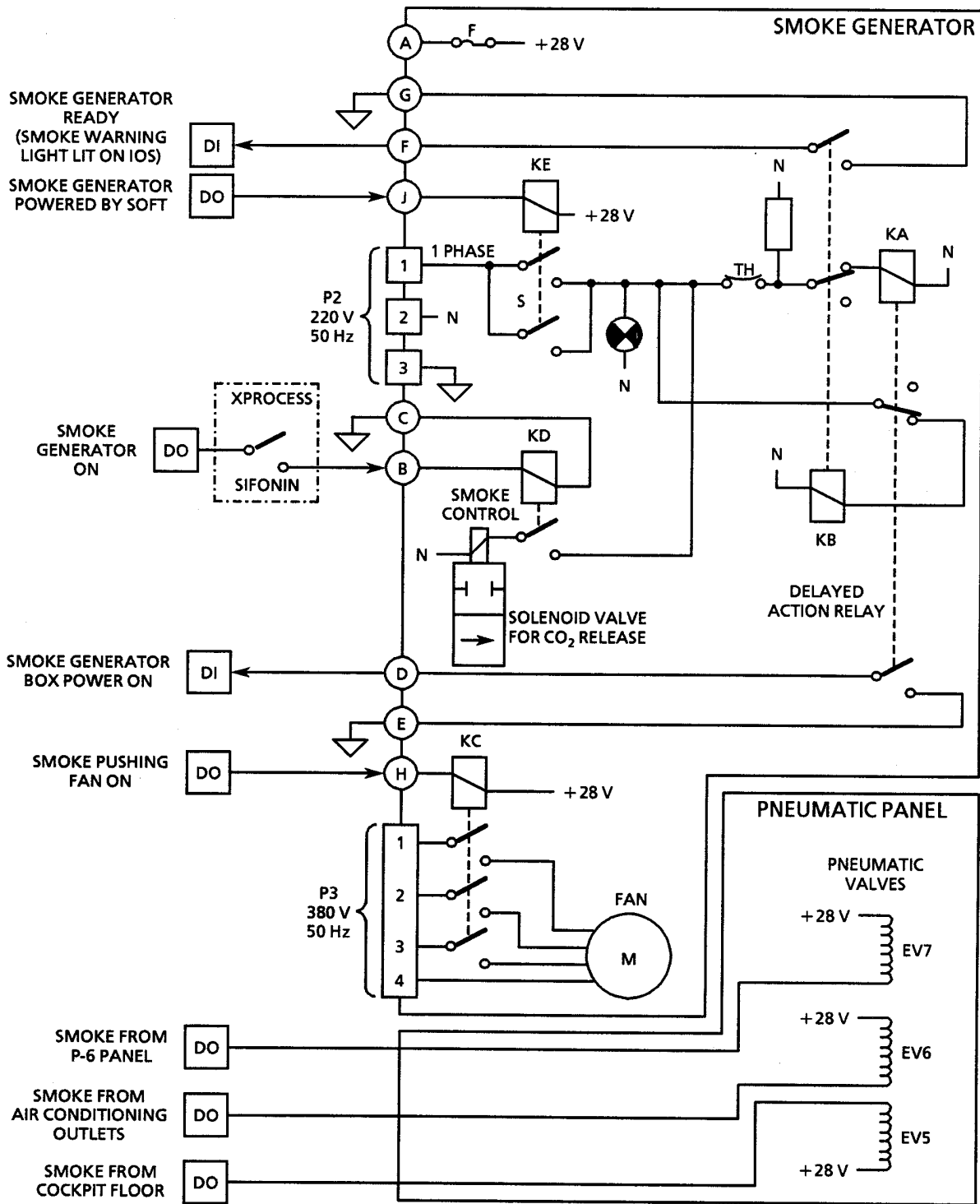
Το σύστημα αποτελείται από:

- (1) Μια μονάδα παραγωγής καπνού, αποτελούμενη από :
  - (i) Μια γεννήτρια παραγωγής καπνού.
  - (ii) Ένα ανεμιστήρα για να ωθεί τον καπνό.
  - (iii) Από ρελαί και σύστημα ελέγχου τους.
  - (iv) Μια μπουκάλα με CO<sub>2</sub>.
  
- (2) Τις ακόλουθες κάρτες εισόδου και εξόδου:
  - (i) XCD EB64.
  - (ii) XCD SB64.
  - (iii) XD RP32.

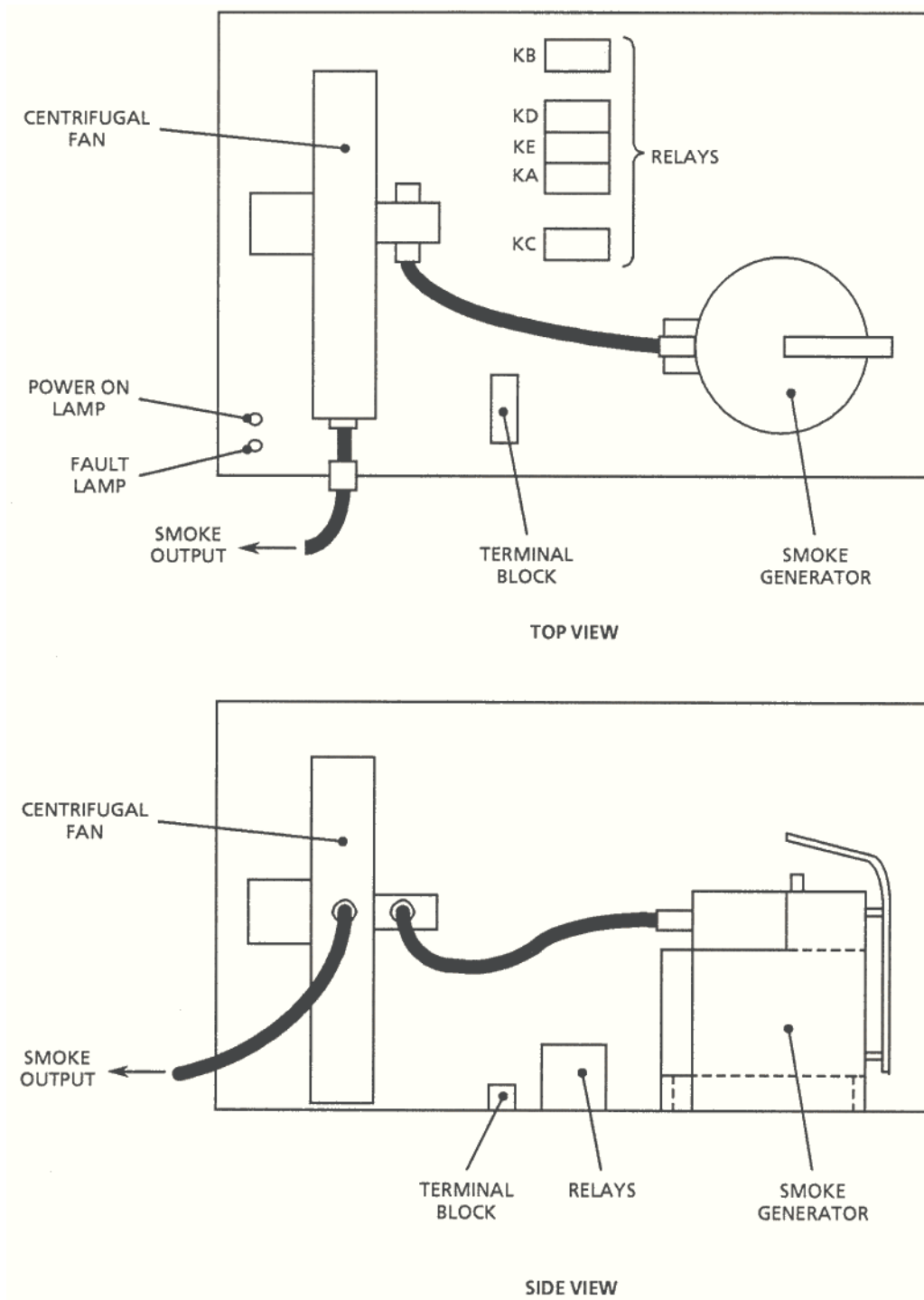
### **ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΠΝΟΥ**

Η γεννήτρια καπνού αποτελείται από τα ακόλουθα:

- Από μια δεξαμενή ειδικού λαδιού.
- Μια συσκευή θέρμανσης τοποθετημένη μέσα στην δεξαμενή.
- Ένα θερμοστάτη για να ελέγχει την θερμοκρασία της συσκευής θέρμανσης του λαδιού.
- Από ένα διακόπτη ενεργοποίησης.
- Ρελαί τα οποία ελέγχονται από ηλεκτρικές συσκευές και από τον κεντρικό υπολογιστή.
- Μια βαλβίδα για διοχέτευση του CO<sub>2</sub>.
- Συσκευή ξήρανσης του CO<sub>2</sub>.
- Ένα κύκλωμα εισαγωγής του λαδιού και του αερίου στη συσκευές καπνού.
- Ένα σωλήνα εξαγωγής του καπνού.



Σχήμα 22. Ηλεκτρικό σχέδιο συστήματος παραγωγής καπνού



Σχήμα 23. Γενική άποψη της γεννήτριας καπνού

## **ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ**

Ένας φυγοκεντρικός ανεμιστήρας, που μπορεί να διανείμει 50 litres/sec είναι τοποθετημένος στο πλαίσιο της γεννήτριας παραγωγής καπνού. Τροφοδοτείται με 380 V, 50 Hz, μέσω του ρελαί KC. Ο ανεμιστήρας χρησιμοποιείται για να ωθήσει τον καπνό που παράγεται προς το διανομέα και κατόπιν μέσω των διαφορετικών εξόδων στην καμπίνα.

## **ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΚΑΠΝΟΥ**

Ο διανομέας καπνού αποτελείται από τρία στόμια:

- (1) Ένα εισόδου για να λαμβάνει τον καπνό από την γεννήτρια παραγωγής καπνού.
- (2) Δύο εξόδου, τα οποία μπορεί να απομονωθούν με βαλβίδες που ελέγχονται ηλεκτρονικά.

Δύο βαλβίδες επιτρέπουν στον αέρα να αναμιχθεί με τον παραγόμενο από θέρμανση λαδιού καπνό και μέσω των σωληνώσεων του κλιματισμού να περάσουν μέσα στην καμπίνα του εξομοιωτή. Τα σημεία από τα οποία θα εισχωρήσει ο καπνός ελέγχονται από τον εκπαιδευτή.

## **ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Η γεννήτρια παραγωγής καπνού μπορεί να ενεργοποιηθεί είτε χειροκίνητα από τον διακόπτη S είτε από τον εκπαιδευτή μέσω του προγράμματος εξομοίωσης.

Μόλις η γεννήτρια παραγωγής καπνού ενεργοποιηθεί μια καθυστέρηση της τάξης των 10 λεπτών είναι απαραίτητη για να επιτρέψει στο εσωτερικό στοιχείο να θερμανθεί.

Κατόπιν, το ρελαί KB ενεργοποιεί μια DI κάρτα (SMOKE GENERATOR READY) και δίνει το δικαίωμα στον εκπαιδευτή να χρησιμοποιήσει τον καπνό όταν αυτός το κρίνει απαραίτητο.

Το CO<sub>2</sub> το οποίο βρίσκεται υπό πίεση περνά μέσα από μια συσκευή ξήρανσης προκειμένου να απομακρυνθεί η υγρασία και στη συνέχεια εισέρχεται στη δεξαμενή λαδιού. Το λάδι υπό πίεση, διοχετεύεται σε σωλήνες και με ακροφύσια διαχέεται στη συσκευή θέρμανσης όπου μετατρέπεται σε καπνό.

Για να είναι σε θέση να σταλεί ο καπνός στην καμπίνα, το λογισμικό πρέπει να ελέγξει το άνοιγμα των βαλβίδων στο διανομέα καπνού.

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής του καπνού, δύο αεραγωγοί επιστροφής που βρίσκονται στο επίπεδο του πατώματος κλείνουν για να παραμείνει ο καπνός στην καμπίνα όση ώρα χρειάζεται. Όταν ο εκπαιδευτής αποφασίσει να τερματίσει την "βλάβη" με τον καπνό οι αεραγωγοί επιστροφής ανοίγουν και ο καπνός απομακρύνεται με την βοήθεια ανεμιστήρα εξαγωγής.

## Κεφάλαιο 1.8

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

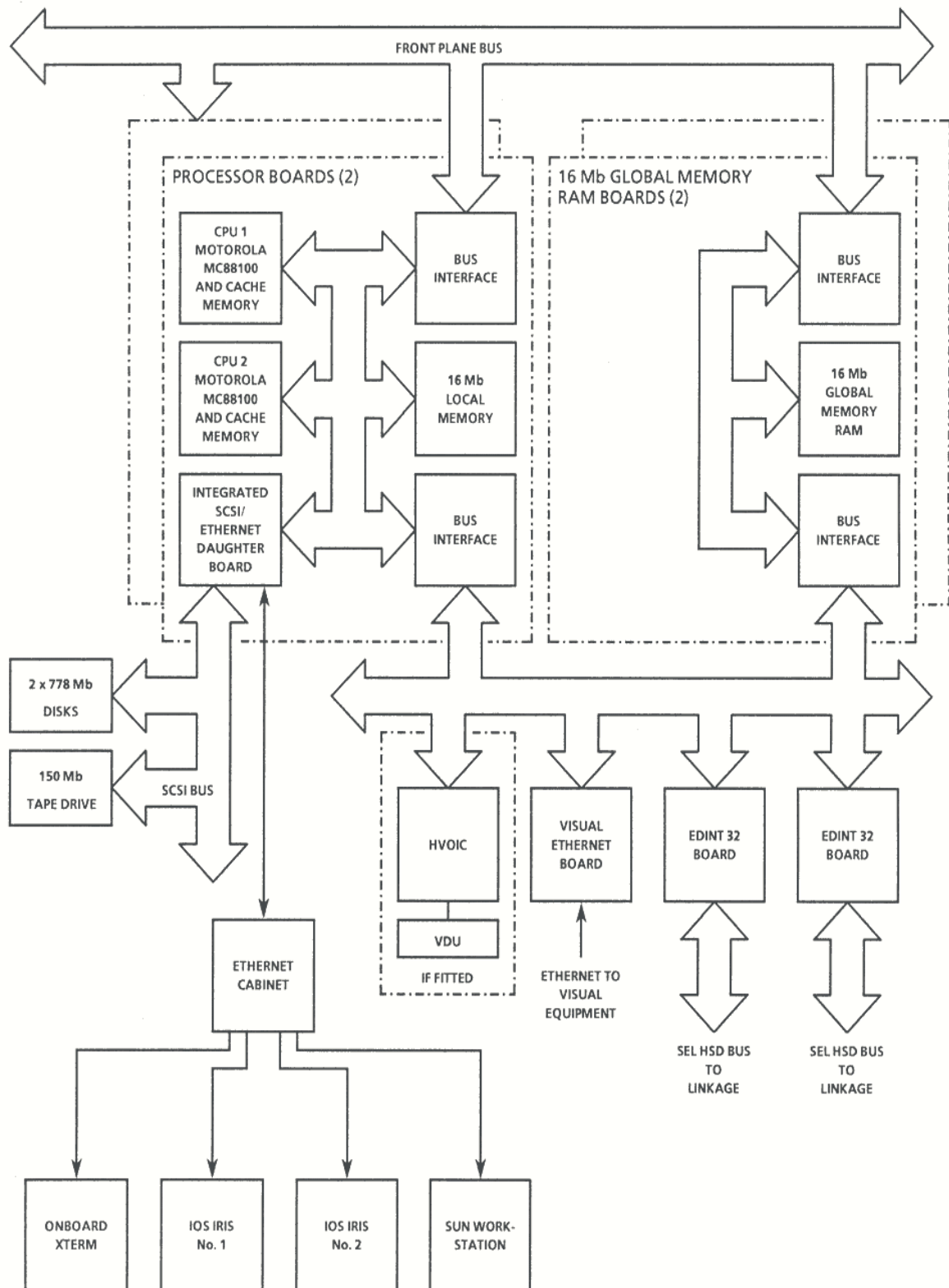
Το σύστημα υπολογιστών περιλαμβάνει τα ακόλουθα :

- i) Έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή Harris 4800 Nighthawk, στον οποίο τρέχει το πρόγραμμα εξομοίωσης. Αυτός ο υπολογιστής είναι ο κεντρικός (Host) υπολογιστής του συστήματος.
- ii) Ένα σταθμό για τον εκπαιδευτή των πιλότων, ο οποίος περιλαμβάνει δύο υπολογιστές silicon graphics IRIS 4D35EG (Elan Graphics) και οδηγούν δύο οθόνες επαφής που βρίσκονται μέσα στο πιλοτήριο.
- iii) Έναν υπολογιστή Sun και τα περιφερειακά του.

#### ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Ο κεντρικός υπολογιστής του συστήματος είναι ο Harris Nighthawk 4800 ο οποίος χρησιμοποιεί έξι μικροεπεξεργαστές Motorola RISC 32 bit 88000 και λειτουργικό σύστημα UNIX. Διαθέτει δύο σκληρούς δίσκους 780 MB με δίαυλο SCSI. Ο κεντρικός υπολογιστής χειρίζεται τα προγράμματα εξομοίωσης συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών προγραμμάτων, των μαθηματικών υπορουτίνων και του real-time προγράμματος. Ο κεντρικός υπολογιστής χειρίζεται επίσης μεγάλο όγκο πληροφοριών όπως πληροφορίες για τους ραδιοσταθμούς και τρέχει μεταφραστές (compilers) για αρχεία ραδιοσταθμών εδάφους, εισόδους/εξόδους του συστήματος και για τη βάση δεδομένων ARINC. Ο κεντρικός υπολογιστής επικοινωνεί με τους υπόλοιπους επεξεργαστές μέσω δύο HSD (high speed data) διαύλων. Επίσης υποστηρίζει δύο διαύλους Ethernet, ένα για άμεση επικοινωνία με το σύστημα απεικόνισης (visual) και ένα για επικοινωνία με τους δύο υπολογιστές του εκπαιδευτή. Τέλος, επικοινωνεί και με το σύστημα ανάπτυξης του λογισμικού μέσω Ethernet Hub.

Ένα απλοποιημένο μπλοκ διάγραμμα του κεντρικού υπολογιστή φαίνεται στο σχήμα 24.



Σχήμα 24. Μπλοκ διάγραμμα κεντρικού υπολογιστή

## ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗ ΠΙΛΟΤΩΝ

Η θέση του εκπαιδευτή των πιλότων (Instructor's Operating Station) του παρέχει τη δυνατότητα μέσω υπολογιστών και πάνελ ελέγχου να παρακολουθεί την εκπαίδευση και να επηρεάζει άμεσα την εξέλιξή της. Η θέση περιλαμβάνει:

- Δύο touch screen οθόνες 19 ιντσών.
- Δύο υπολογιστές IRIS 4D35 IOS οι οποίοι οδηγούν τις παραπάνω οθόνες. Οι υπολογιστές ελέγχονται από τον κεντρικό υπολογιστή μέσω του δικτύου Ethernet. Να σημειώσουμε εδώ πως ο υπολογιστής IRIS βρίσκεται εκτός πλατφόρμας.
- Πάνελ ελέγχου για διάφορες λειτουργίες και για λειτουργίες εκτάκτου ανάγκης,
- Ένα τηλεχειριστήριο για έλεγχο της εκπαιδευτικής άσκησης μακριά από την κανονική θέση του εκπαιδευτή
- Μια μάσκα οξυγόνου,
- Δύο θέσεις, μία για τον εκπαιδευτή και μία για τον παρατηρητή, οι οποίες έχουν την δυνατότητα ηλεκτρονικών ρυθμίσεων

Ο εκπαιδευτής του πληρώματος, μέσω των υπολογιστών IRIS, μπορεί να 'δημιουργήσει' κάθε είδους βλάβη στο αεροπλάνο, να τροποποιήσει τις καιρικές συνθήκες και να παρακολουθήσει και να αξιολογήσει τις αντιδράσεις των πιλότων.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ IRIS

Κάθε υπολογιστής IRIS περιλαμβάνει ένα σκληρό δίσκο 380 M-byte και ένα οδηγό ταινίας 150 M-byte. Χρησιμοποιεί μια CPU MIPS 37 MHz R3000A και R3010 FPU. Ο δίαυλος του συστήματος λειτουργεί στα 30 MHz. Έχει κύρια μνήμη 128 M-bytes.

Κάθε CPU του υπολογιστή αποτελείται από δύο επεξεργαστές. Ο πρώτος είναι ένας 32-bit RISC CPU και ο δεύτερος είναι ένας επεξεργαστής ελέγχου του συστήματος ο οποίος περιέχει ενδιάμεσες μνήμες (buffers) και καταχωρητές ελέγχου για να υποστηρίξει εικονική μνήμη και να διαχωρίζει οδηγίες και δεδομένα.

Η floating point unit (FPU) λειτουργεί σαν συνεπεξεργαστής και εκτελεί αριθμητικές πράξεις σε αριθμούς κινητής υποδιαστολής. Περιέχει 64 καταχωρητές για να συγκρατούν 32 ή 64-bit.

Ο υπολογιστής IRIS χρησιμοποιεί τρεις διαύλους:

i) Τον γενικό δίαυλο εισόδου/εξόδου, ο οποίος είναι σύγχρονος και λειτουργεί στα 35 MHz. Συνδέει τον προγραμματιζόμενο ελεγκτή των interrupts (PIC1) με τον ελεγκτή καναλιών υψηλής απόδοσης (HPC1) και επίσης παρέχει σύνδεση με το υποσύστημα των γραφικών. Τέλος, υπάρχει ένα κανάλι DMA για μεταφορά δεδομένων μεταξύ ενδιάμεσων μνημών και της μνήμης της CPU.

ii) Τον δίαυλο I/O, ο οποίος συνδέει τις συσκευές εισόδου/εξόδου με την κύρια μνήμη. Ο δίαυλος I/O έχει μια κατάσταση λειτουργίας η οποία παρέχει ένα εύρος ζώνης της τάξης των 40 MB/s για να υποστηρίξει γρήγορη κίνηση των δεδομένων από το buffer.

iii) Τον δίαυλο SCSI, ο οποίος παρέχει σύνδεση μεταξύ σκληρού δίσκου, κασέτας, οθόνης και των υπόλοιπων περιφερειακών μονάδων.

Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής των interrupts (PIC1) υποστηρίζει την CPU και διαχειρίζεται την οργάνωση και προσπέλαση της μνήμης. Επίσης, ελέγχει την πρόσβαση στους διαύλους I/O.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ SUN ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ

Ο υπολογιστής Sun, αποτελεί μέρος του δικτύου των υπολογιστών το οποίο συμπληρώνουν επίσης οι υπολογιστές IRIS και ο κεντρικός υπολογιστής. Περιλαμβάνει ένα σκληρό δίσκο χωρητικότητας 207 MB και ένα οδηγό δισκέτας 1.44 MB. Επιπρόσθετα, εξωτερική μνήμη στο σύστημα παρέχεται από:

- Δύο σκληρούς δίσκους 1.3 G-Byte.
- Ένα οδηγό CD ROM.
- Ένα οδηγό ταινίας 2.3 G-Byte, 8mm 'Exabyte' .

Αυτές οι μονάδες συνδέονται με τον Sun μέσω διαύλου SCSI. Όπως είπαμε, ο υπολογιστής SUN χρησιμοποιείται για έλεγχο και ανάπτυξη του λογισμικού. Πιο συγκεκριμένα μέσα από το SUN είναι δυνατόν να εκτελέσουμε :

### *1. Διαγνωστικά προγράμματα.*

α) Real time diagnostic. Δηλαδή, υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης των παραμέτρων του συστήματος όταν αυτό είναι σε 'πτήση'. Η ανάλυση των παραμέτρων μπορεί να γίνει μέχρι και σε επίπεδο bit. Μπορεί να γίνει και τροποποίηση ή αλλαγή των παραμέτρων για να ελεγχθεί η ανταπόκρισή τους.

β) SPTS (Simulator Performance Test System). Αποτελούν τεστ για τα χειριστήρια του αεροσκάφους, όσον αφορά το χρόνο απόκρισης τους και την εφαρμοζόμενη δύναμη, τα οποία πρέπει να βρίσκονται μέσα σε προκαθορισμένα όρια από τον κατασκευαστή του εξομοιωτή. Τα τεστ αυτά, αντίστοιχα μπορούν να γίνουν και για κάθε άξονα κίνησης του συστήματος MOTION.

### *2. Τροποποιήσεις (MODIFICATIONS).*

Κάθε αλλαγή ή τροποποίηση που γίνεται στο πραγματικό αεροσκάφος, είτε αυτή αφορά όργανα ελέγχου είτε ραδιοσυχνότητες, πρέπει να εφαρμοστεί και στον εξομοιωτή πτήσεων. Οι αλλαγές αυτές γίνονται μέσα από το SUN και αρχικά μεταφέρονται σ' ένα περιβάλλον TEST του Simulator και εφόσον αποδειχθούν αποτελεσματικές μεταφέρονται στο περιβάλλον εκπαίδευσης.



## Κεφάλαιο 1.9

### ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΚΑΡΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ INTERFACE (ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΕΩΝ)

#### ΚΑΡΤΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

##### ΓΕΝΙΚΑ

Ένας επεξεργαστής του συστήματος Interface περιλαμβάνει :

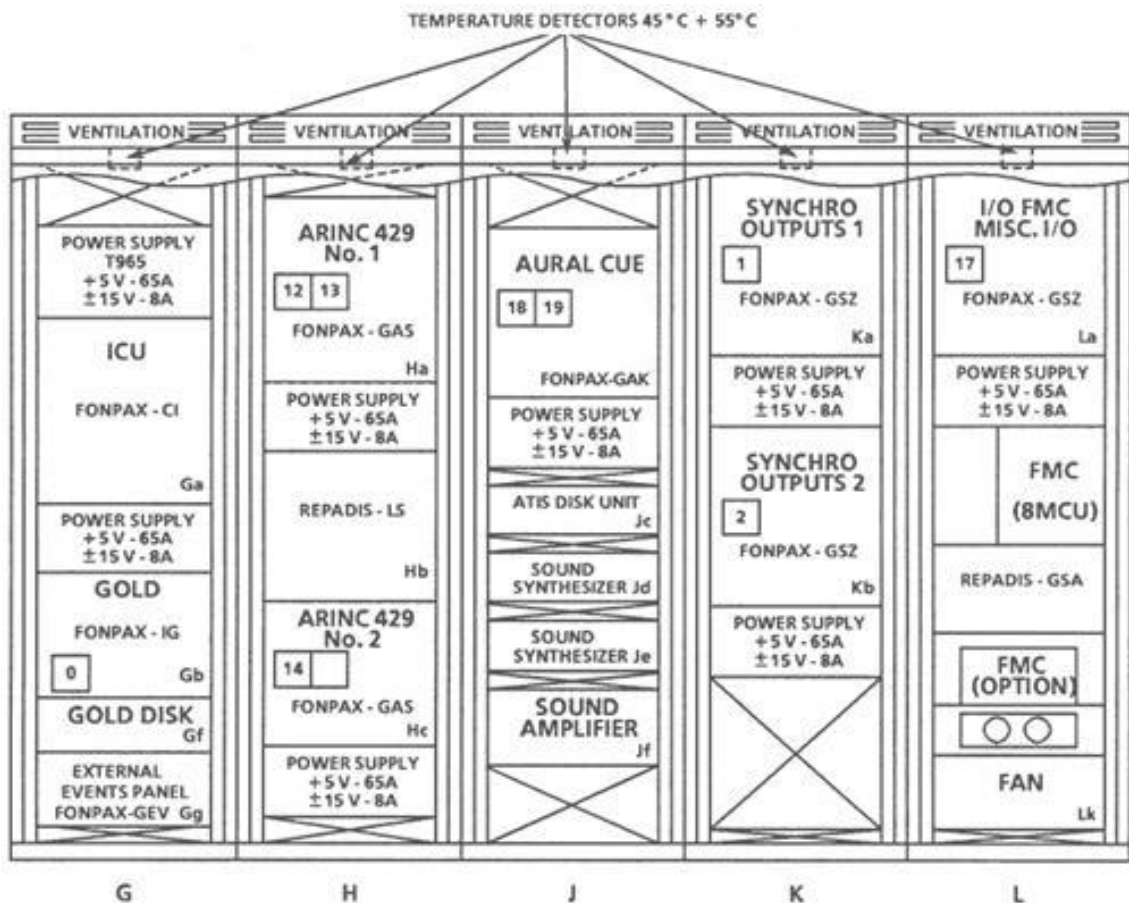
Μία ή δύο κάρτες X-PROCESS.

Μία ή περισσότερες κάρτες X-MEMBUS.

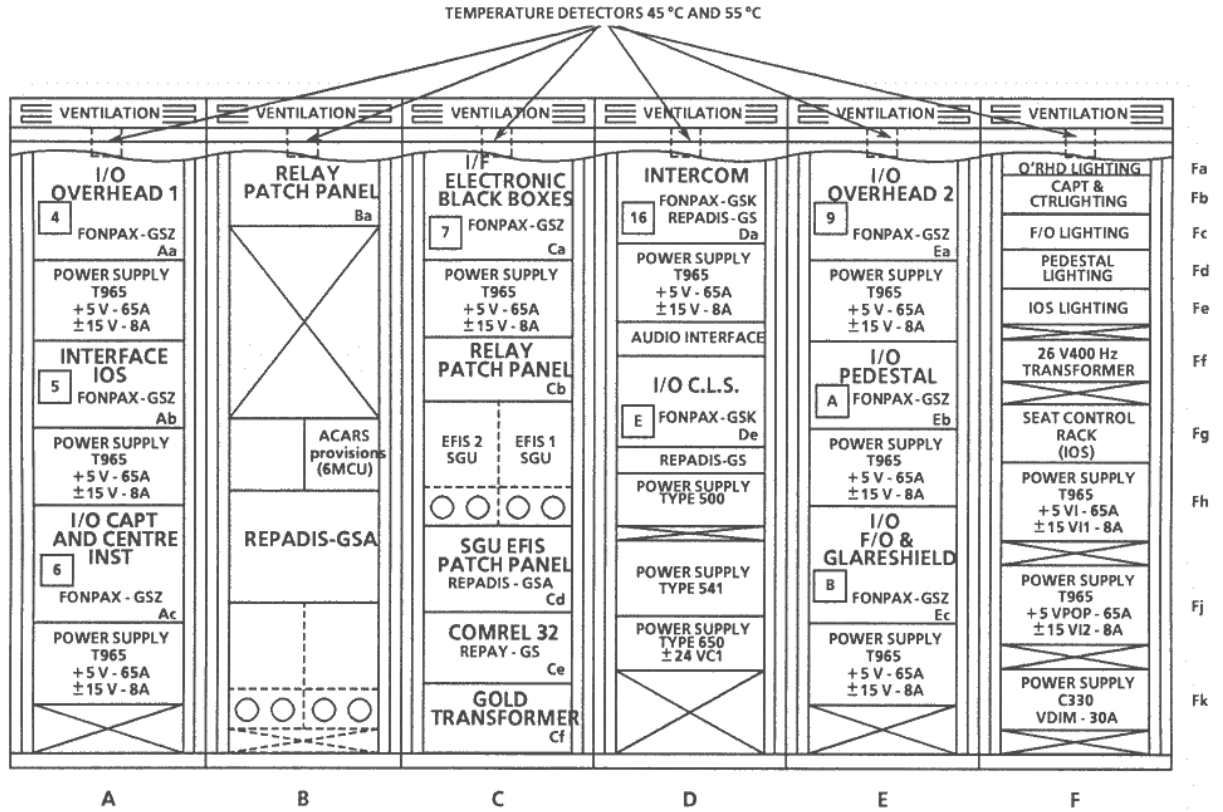
Άλλες κάρτες ανάλογα με την εργασία που έχει να επιτελέσει.

Όλο το σύστημα Interface του εξομοιωτή περιλαμβάνει 21 κάρτες X-PROCESS οι οποίες είναι πλήρως ανταλλάξιμες μεταξύ τους, με εξαίρεση την κάρτα του συστήματος κίνησης.

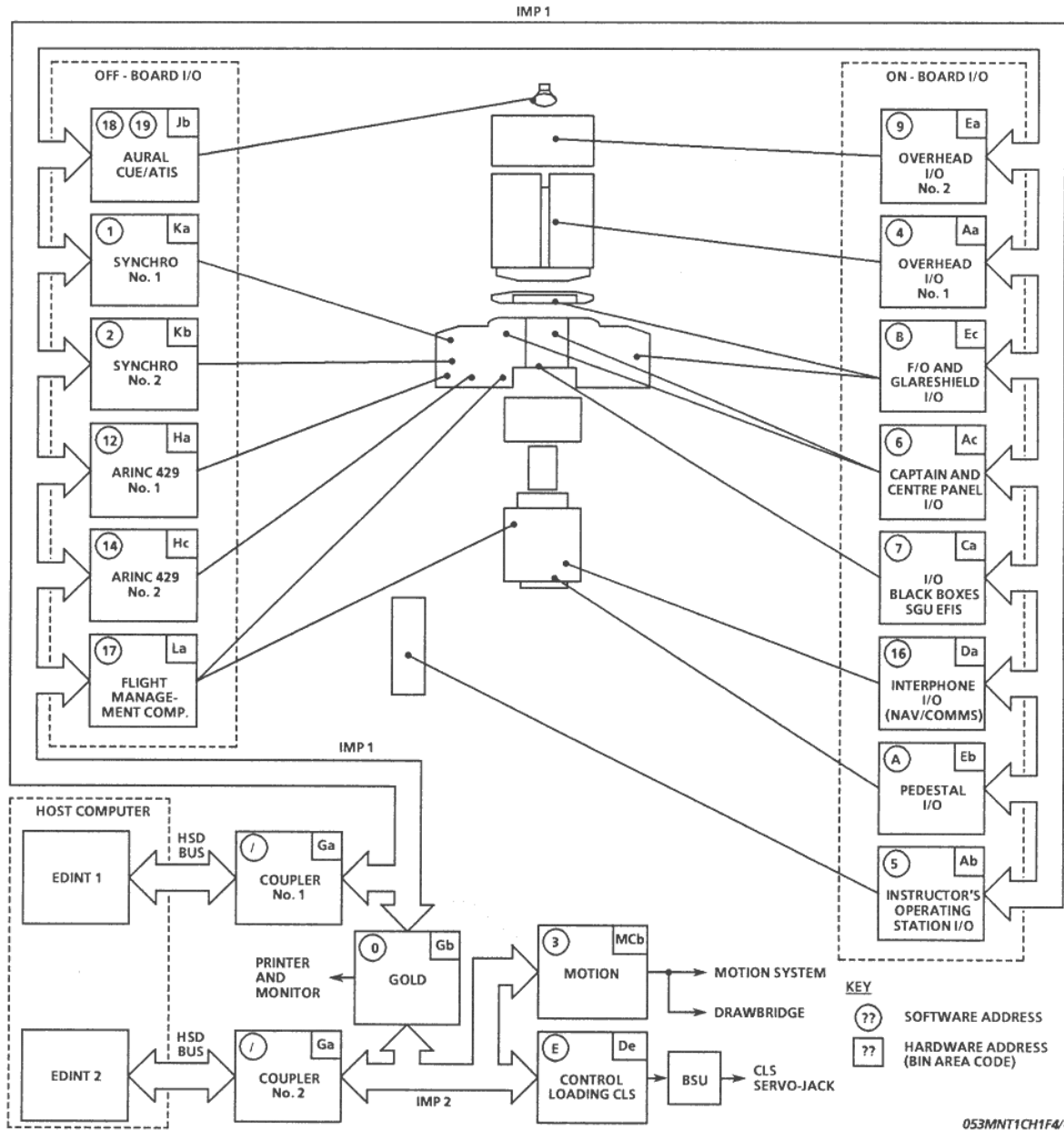
Οι κάρτες αυτές είναι οργανωμένες σε ομάδες και έχουν τοποθετηθεί σε καμπίνες εξοπλισμού, τόσο μέσα στον εξομοιωτή όσο και στο δωμάτιο υπολογιστών (συνολικά 11). Καθεμιά από τις καμπίνες αυτές (σχήματα 25 και 26) έχει ως σκοπό την εξομείωση κάποιου συστήματος του αεροσκάφους (π.χ. επικοινωνίες, χειριστήρια, όργανα πλοήγησης). Οι καμπίνες εξοπλισμού βρίσκονται κάτω από τον έλεγχο του κεντρικού υπολογιστή και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του διαύλου IMP (σχήμα 27).



Σχέδιο 25. Καμπίνες στο δωμάτιο υπολογιστών



Σχήμα 26. Καμπίνες εξοπλισμού μέσα στον εξομοιωτή



Σχήμα 27. Διασύνδεση καρπίνων εξοπλισμού με το δίαυλο IMP

## ΚΑΡΤΑ X-PROCESS

### Λειτουργίες

Η κάρτα X-PROCESS αποτελεί τον κεντρικό επεξεργαστή και βασίζεται σ' ένα μικροεπεξεργαστή 68000 16 MHz, ο οποίος περιλαμβάνει :

Μνήμη EPROM για τα προγράμματα και μνήμη RAM για αποθήκευση δεδομένων.

4 συνδέσεις RS232 (ή 1 RS232 και 3 RS485).

Παλμό ρολογιού.

4 εξωτερικά interrupts (IT), 3 σήματα ενεργοποίησης

Buffers εκπομπής/λήψης για τους διαύλους.

Η κάρτα διαθέτει:

i) Τον δίαυλο "own", ο οποίος είναι ο εσωτερικός δίαυλος του επεξεργαστή, χωρητικότητας 16 bit και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει δεδομένα μεταξύ των μονάδων του, ενώ μπορεί να συνδέσει τον επεξεργαστή με:

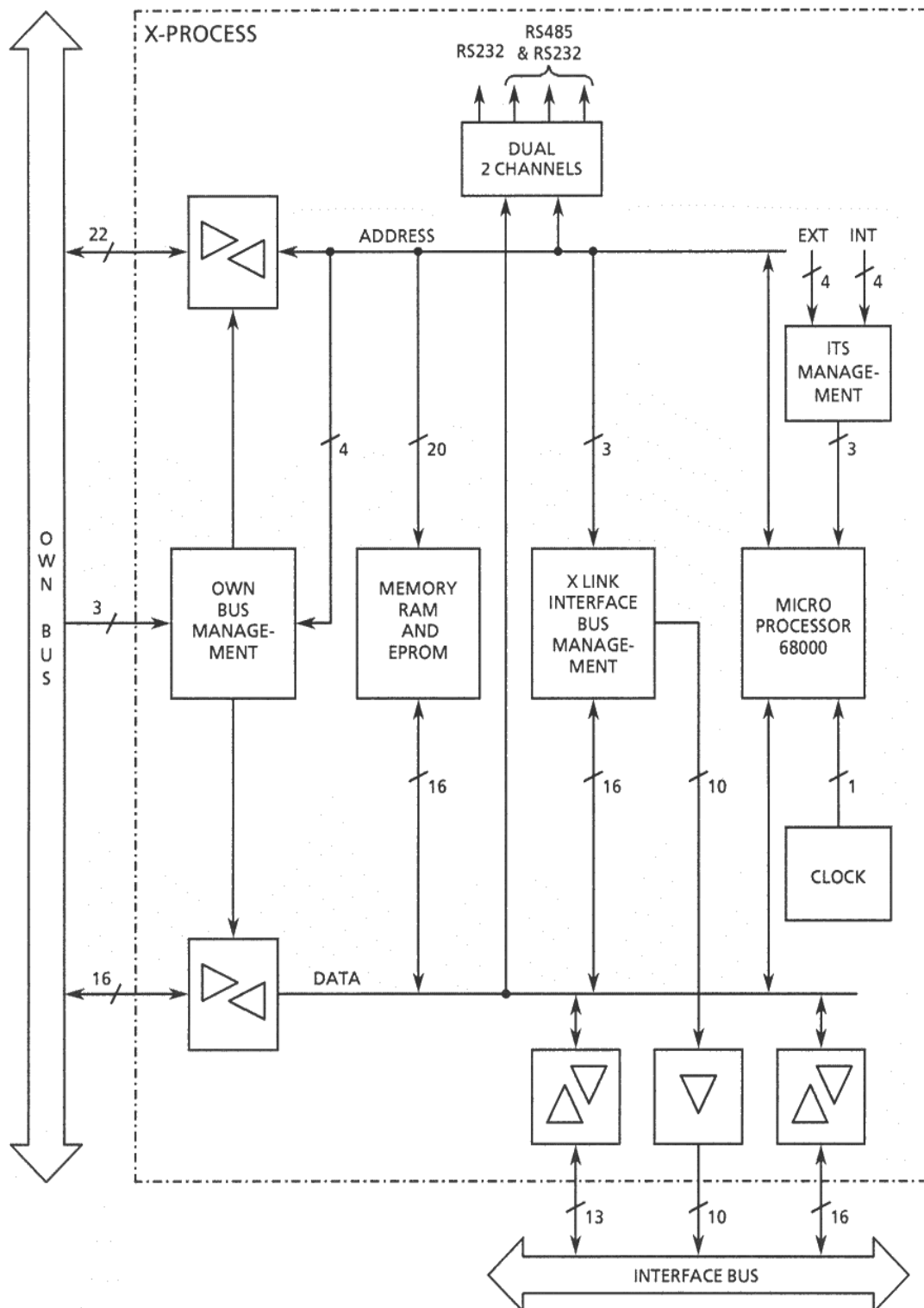
Άλλες κάρτες X-PROCESS.

Με κάρτες X-MEMBUS.

Με περιφερειακές κάρτες (X-COMDAC, X-PANAMA).

ii) Ένα δίαυλο 32 bit διευθυνσιοδότησης για προσπέλαση της μνήμης .

Οι κάρτες X PROCESS τρέχουν προγράμματα επεξεργασίας δεδομένων για να αποφορτίσουν τον κεντρικό υπολογιστή, εξοικονομώντας έτσι πολύτιμο υπολογιστικό χρόνο. Μπορούν να λειτουργήσουν εντελώς αυτόνομα, ή κάτω από τον έλεγχο του κεντρικού υπολογιστή εκτελώντας μια εργασία. Τέλος, μπορούν να ελέγξουν, μέσω του διαύλου Interface, τις ψηφιακές και αναλογικές κάρτες εισόδου/εξόδου, ενώ μέσω του διαύλου Own μπορούν να επικοινωνήσουν με τις υπόλοιπες κάρτες του συστήματος.



Σχήμα 28. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X-PROCESS

## **ΚΑΡΤΑ X-MEMBUS**

### **Λειτουργία**

Η κάρτα αυτή έχει τρία είδη λειτουργίας :

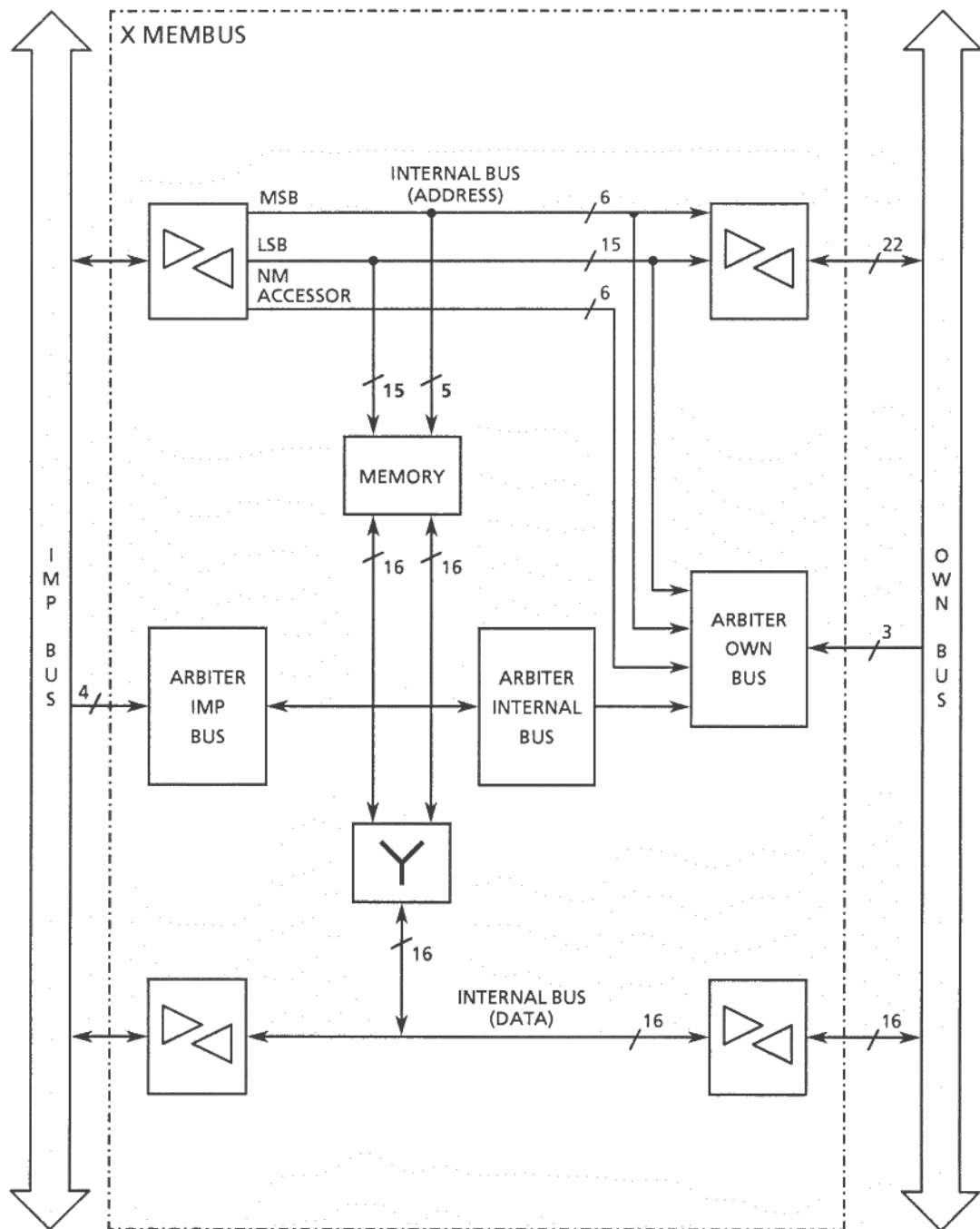
i) Λειτουργία μνήμης: Έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει δεδομένα των οποίων η χωρητικότητα κυμαίνεται μεταξύ 256 K-byte μέχρι 2 M-byte ανάλογα σε ποια θέση χρησιμοποιείται.

Επάνω στον δίαυλο Own μπορούν να συνδεθούν μέχρι 16 κάρτες X-MEMBUS, ενώ επάνω στο δίαυλο IMP μπορούν να τοποθετηθούν μέχρι 64 κάρτες X-MEMBUS.

ii) Λειτουργία προσπέλασης των διαύλων IMP και OWN.

iii) Ειδικές λειτουργίες, όπως ο συγχρονισμός των επεξεργαστών.

Για να τα επιτελέσει αυτά, η κάρτα είναι εφοδιασμένη : με ολοκληρωμένα μνήμης RAM 64 ή 256 Kbytes 16-bit. Με buffers εκπομπής/λήψης για τους διαύλους και με μονάδες ελέγχου προτεραιότητας προσπέλασης των διαύλων.



Σχήμα 29. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X-MEMBUS

## ΡΟΛΟΣ ΚΑΡΤΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ

### ΓΕΝΙΚΑ

Αυτές οι κάρτες εκτελούν τεσσάρων ειδών μεταφορές μεταξύ του κεντρικού υπολογιστή και των οργάνων του εξομοιωτή ή των συστημάτων τα οποία δεν απαιτούν ειδική επεξεργασία δεδομένων. Οι μεταφορές αυτές είναι :

**DIGITAL INPUT (DI) :** Η κάρτα ψηφιακής εισόδου μεταφέρει δεδομένα από όργανα του εξομοιωτή ή συστήματα τα οποία λειτουργούν με σήματα τύπου on/off. Σε αυτή την περίπτωση η κάρτα ψηφιακής εισόδου πρέπει πρώτα να πολυπλέξει τα δεδομένα.

**ANALOG INPUT (DCI) :** Η κάρτα αναλογικής εισόδου μεταφέρει δεδομένα από όργανα ή συστήματα του εξομοιωτή τα οποία παράγουν μια τάση που η τιμή της είναι ανάλογη της θέσης στην οποία βρίσκονται και κυμαίνεται μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε την μετατροπή των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή και κατόπιν ακολουθεί η πολυπλεξία τους.

**DIGITAL OUTPUT (DO) :** Η κάρτα ψηφιακής εξόδου μεταφέρει δεδομένα προς όργανα του εξομοιωτή ή συστήματα τα οποία λειτουργούν με σήματα τύπου on/off. Στην περίπτωση αυτή η κάρτα ψηφιακής εξόδου πρέπει να αποπλέξει και να αποθηκεύσει τα δεδομένα.

**ANALOG OUTPUT (DCO) :** Η κάρτα αναλογικής εξόδου μεταφέρει δεδομένα προς όργανα ή συστήματα του εξομοιωτή τα οποία λειτουργούν με σήματα αναλογικής τάσης και εξαρτώνται από τη θέση των οργάνων. Στην περίπτωση αυτή η κάρτα αναλογικής εξόδου να αποπλέξει και να αποκωδικοποιήσει τα δεδομένα.

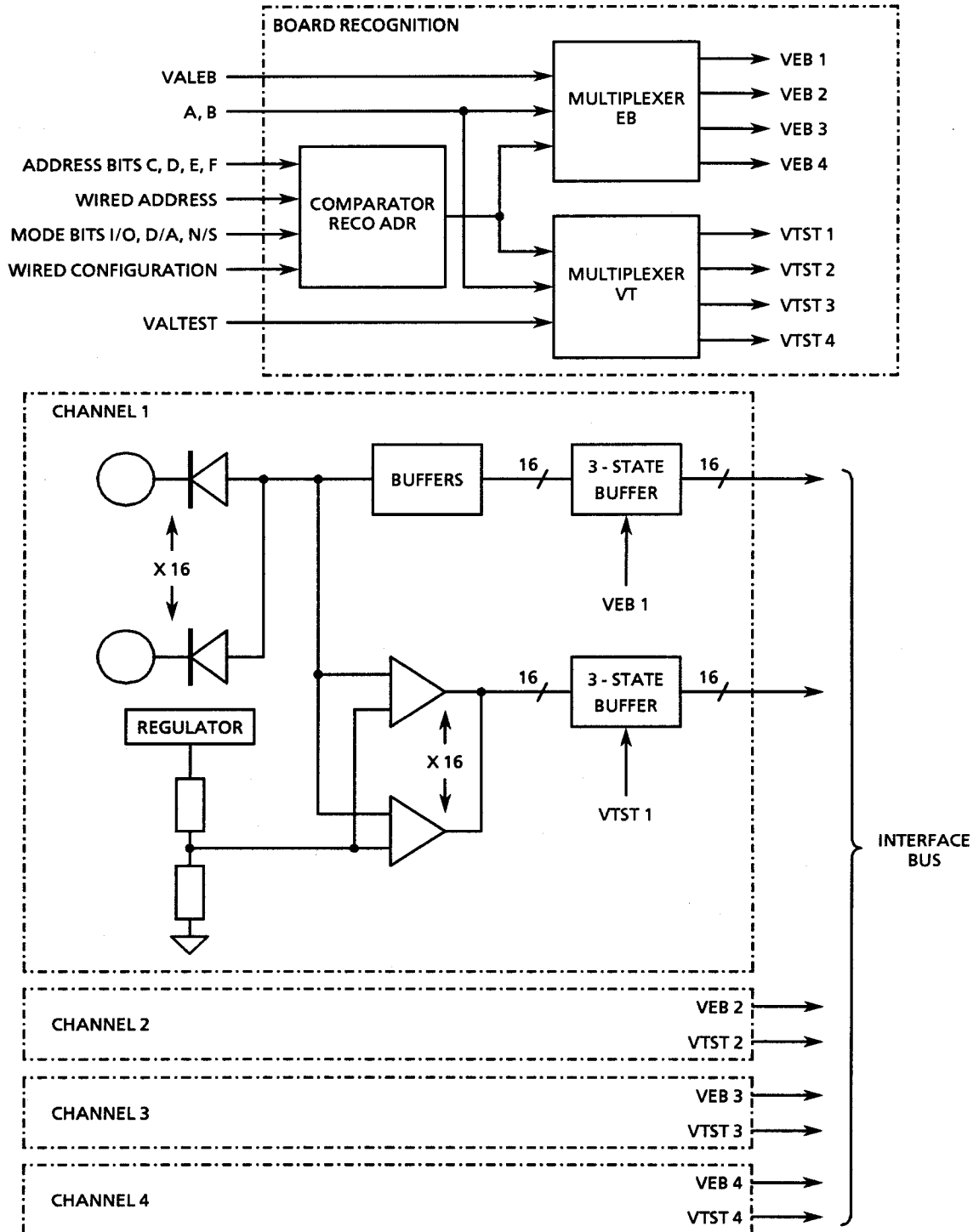
Για κάθε τύπο εισόδου/εξόδου υπάρχει η αντίστοιχη κάρτα ή ομάδα καρτών οι οποίες εκτελούν τη σχετική λειτουργία.



## ΚΑΡΤΑ XCD EB64F

### Λειτουργία

Η XCD EB64F αποτελεί την κάρτα ψηφιακής εισόδου του συστήματος. Επιλέγει και πολυπλέκει 64 ψηφιακά σήματα από το σύστημα του εξομοιωτή (π.χ. διακόπτες, ρελαί) και τα μεταφέρει προς τον κεντρικό υπολογιστή, χωρίζοντάς τα σε τέσσερα κανάλια με 16 bits το καθένα.

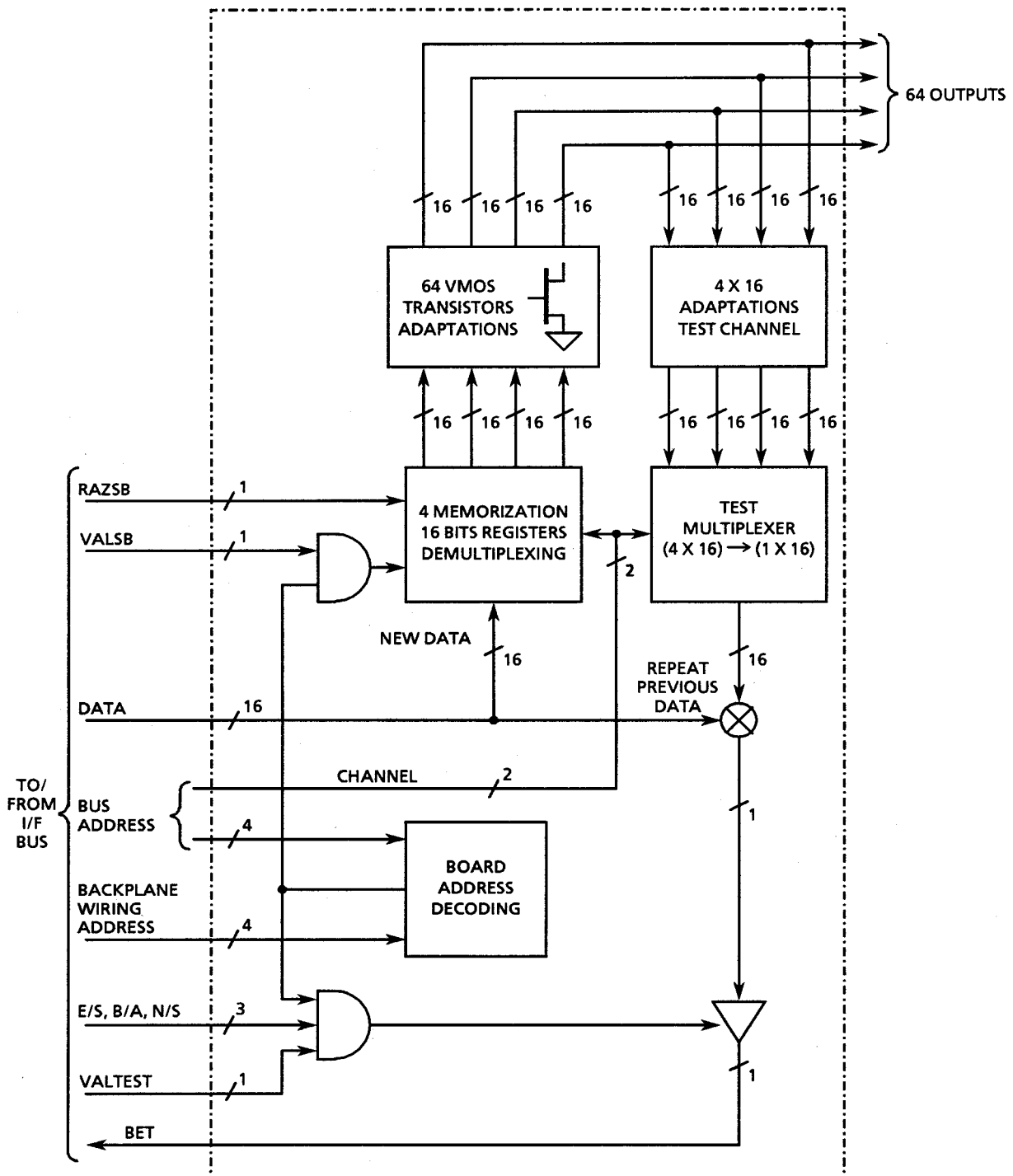


Σχήμα 30. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας XCD-EB64F

## ΚΑΡΤΑ XCD SB64

### Λειτουργία

Αντίστοιχα, την κάρτα ψηφιακής εξόδου του συστήματος αποτελεί η XCD SB64. Η λειτουργία της είναι να επιλέγει, αποπλέκει και να ελέγχει 64 ψηφιακές εξόδους, οι οποίες λειτουργούν με σήματα τύπου on/off (π.χ. ενδεικτικά φώτα, διακόπτες, επαφές ρελαί).

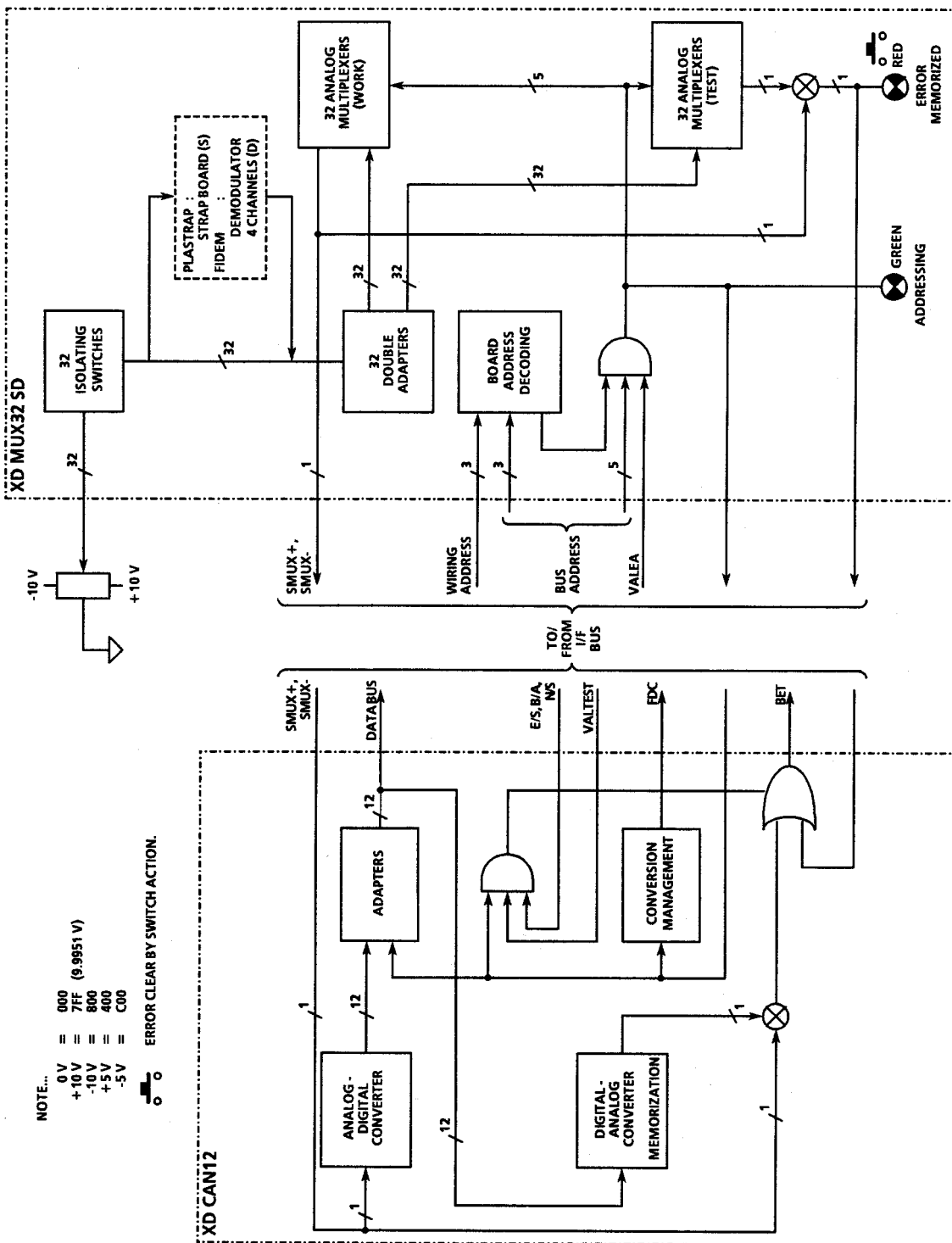


Σχήμα 31. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας XCD SB64

**ΚΑΡΤΕΣ XDMUX32 ΚΑΙ XDCAN12**

**Λειτουργία**

Η XD MUX32 αποτελεί την κάρτα αναλογικής εισόδου. Σκοπός της είναι να πολυπλέκει 32 διαφορετικά αναλογικά κανάλια. Η κάρτα αυτή συνοδεύεται απαραίτητα από την κάρτα XD CAN12 η οποία είναι ένας μετατροπέας Analog to Digital. Τα αναλογικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακά 12-bit για να προωθηθούν προς τον κεντρικό υπολογιστή.

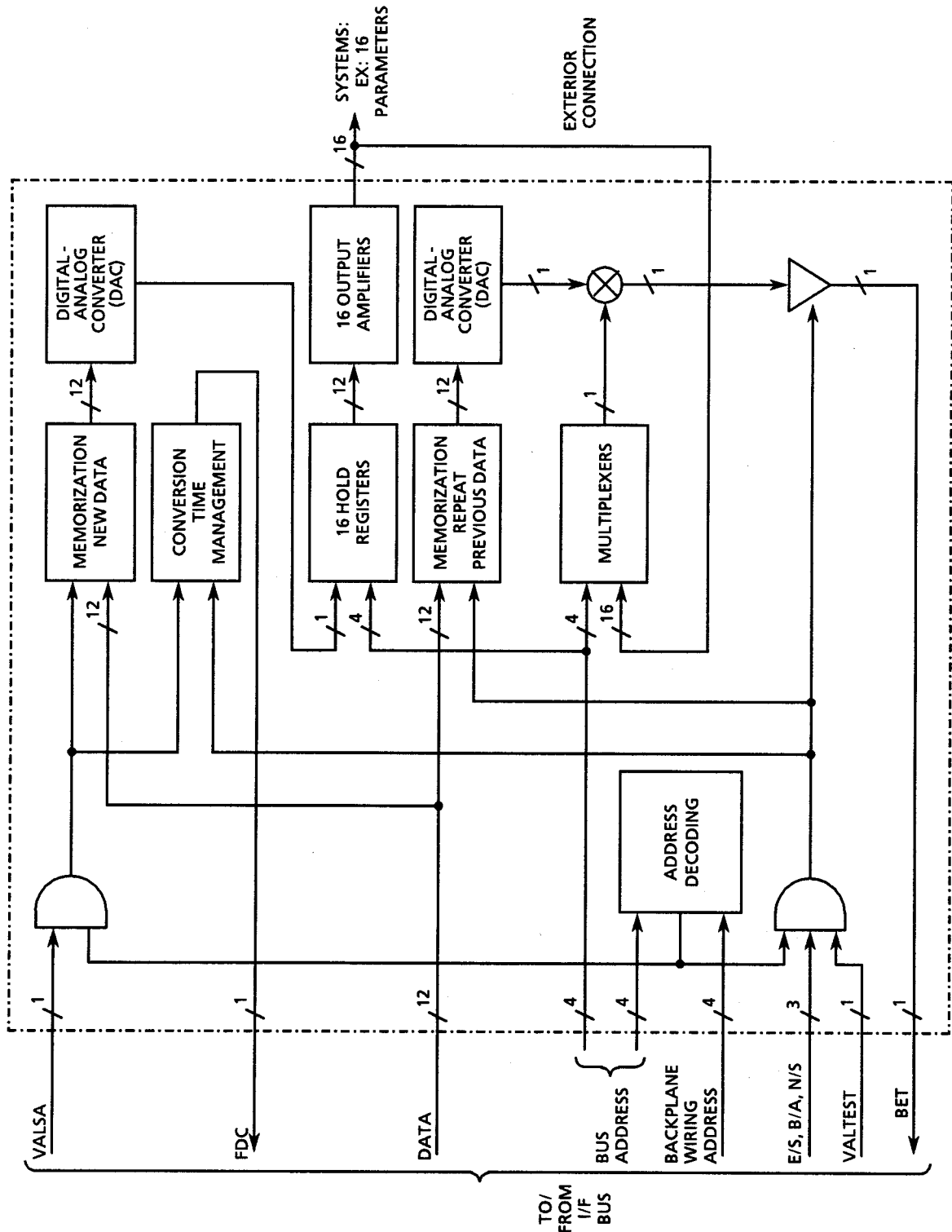


Σχήμα 32. Μπλοκ διάγραμμα καρτών XD MUX32 και XD CAN12

## ΚΑΡΤΑ XCD SC12-16

### Λειτουργία

Τέλος, την αναλογική έξοδο του κεντρικού υπολογιστή προς το σύστημα του εξομοιωτή αποτελεί η κάρτα XCD SC12-16. Βασική της λειτουργία είναι να μετατρέπει τα ψηφιακά δεδομένα 12-bit σε σήμα αναλογικής τάσης. Η κάρτα αυτή διαθέτει 16 αναλογικά κανάλια εξόδου.



Σχήμα 33. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας XCD SC12-16

## ΕΙΔΙΚΟΥ ΣΚΟΠΟΥ ΚΑΡΤΕΣ

## X-PANAMA BOARD

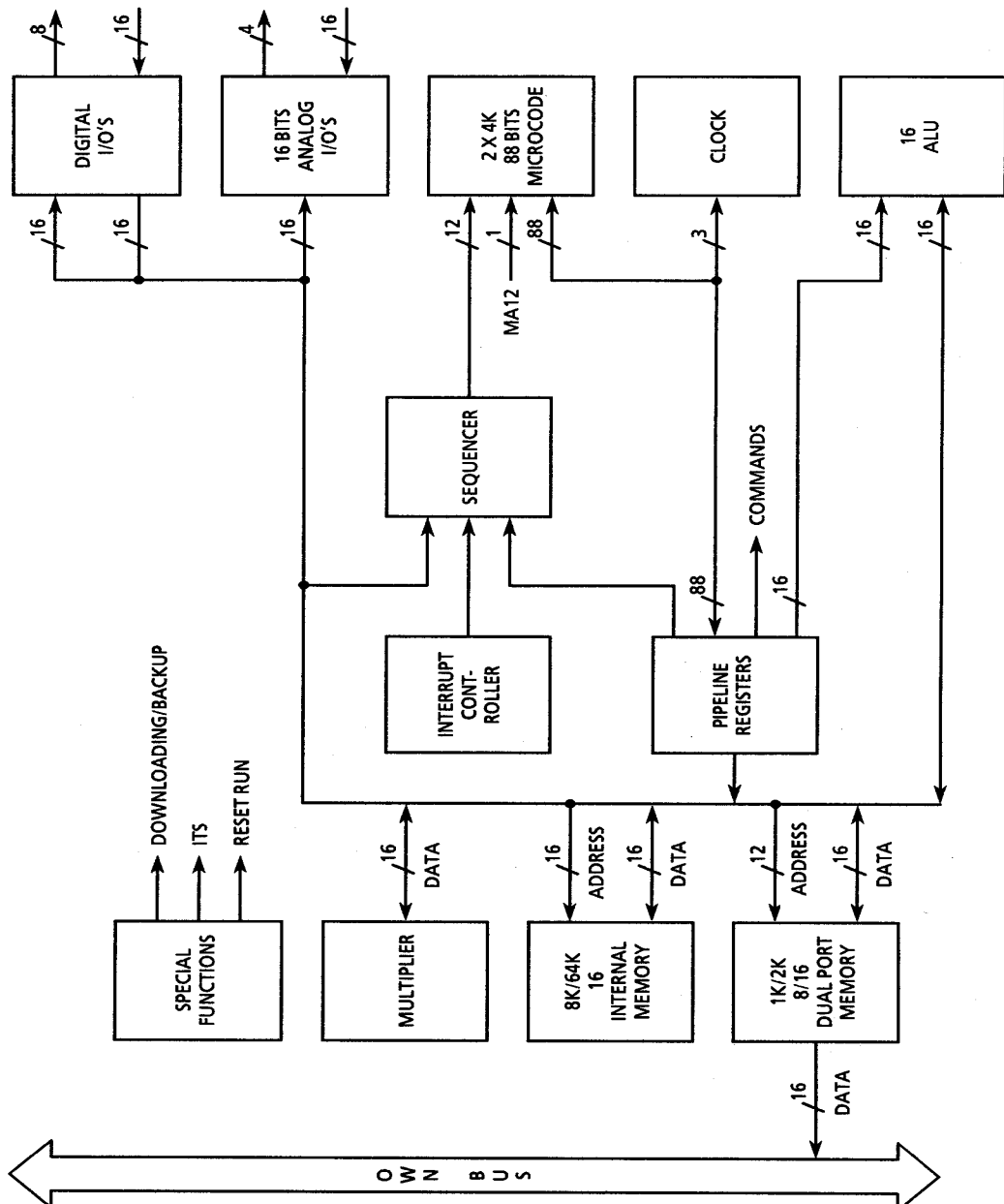
## Λειτουργία

Κάθε κάρτα X-PANAMA αποτελεί ένα ψηφιακό επεξεργαστή ελέγχου και σε συνεργασία με τις κάρτες X-PROCESS και X-MEMBUSB ελέγχουν είτε:

Δύο άξονες κίνησης για το σύστημα ελέγχου χειριστηρίων του αεροσκάφους (CLS),

είτε τρεις άξονες κίνησης για το σύστημα motion (M6X) του εξομοιωτή.

Οι αναλογικές εισοδοί και έξοδοι που διαθέτει η κάρτα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των σερβοβαλβίδων των αξόνων κίνησης των συστημάτων CLS και του MOTION.



Σχήμα 34. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X-PANAMA

## ΚΑΡΤΑ X-MASPAN

### Λειτουργία

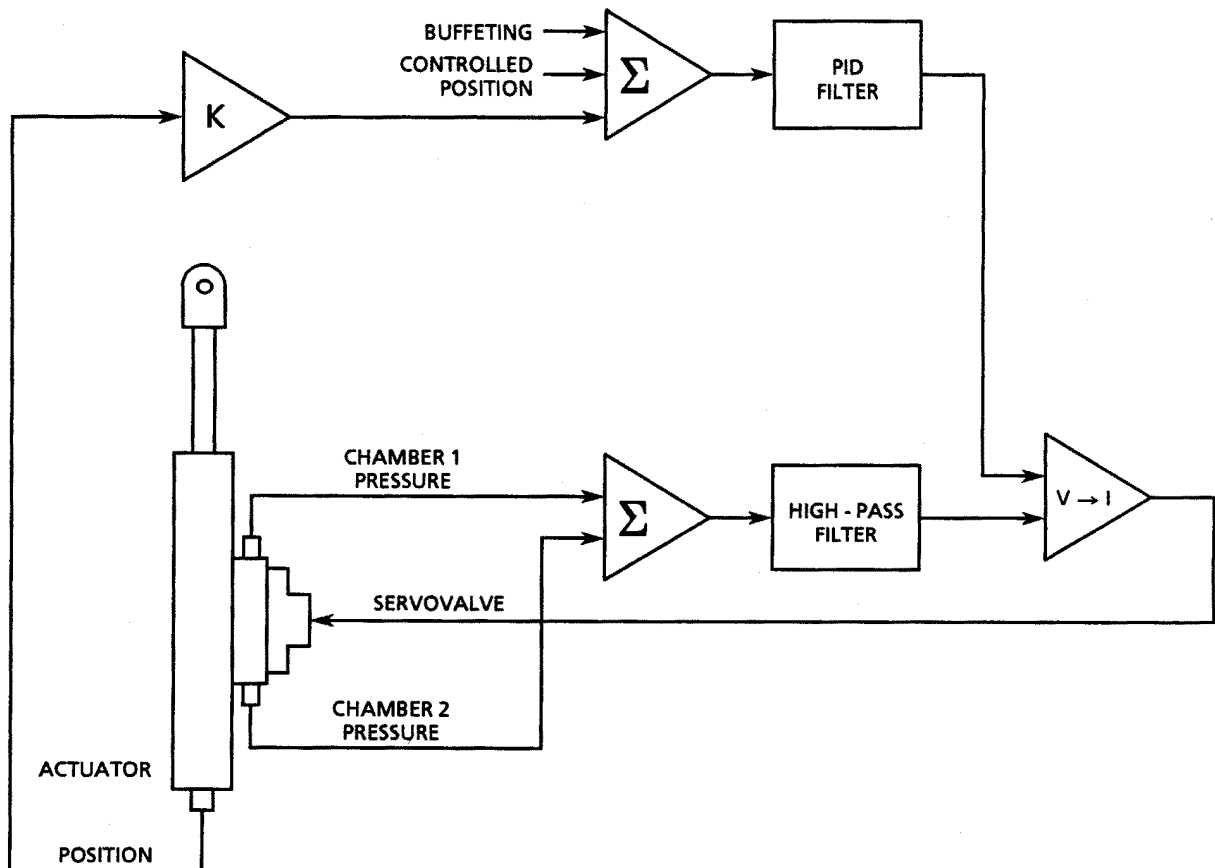
Η κάρτα X-MASPAN ελέγχει τους άξονες κίνησης του συστήματος motion του εξομοιωτή.

Υπάρχουν δύο πιθανές καταστάσεις λειτουργίας :

- i) Αναλογικού ελέγχου.
- ii) Ψηφιακού ελέγχου, μέσω της κάρτας X-PANAMA.

Η επεξεργασία αναλογικού ελέγχου περιλαμβάνει σήματα ανάδρασης τα οποία αφορούν τη θέση και την εφαρμοζόμενη πίεση του συστήματος κίνησης.

Η κάρτα X-PANAMA τροφοδοτεί την X-MASPAN με σήματα ελέγχου των σερβοβαλβίδων και των αξόνων κίνησης τα οποία έχουν να κάνουν τόσο με την εφαρμοζόμενη πίεση καθώς και με τη θέση και την ένταση της κίνησης των αξόνων. Τέλος, η X-MASPAN μετατρέπει την τάση ελέγχου των σερβοβαλβίδων των αξόνων κίνησης σε ρεύμα.



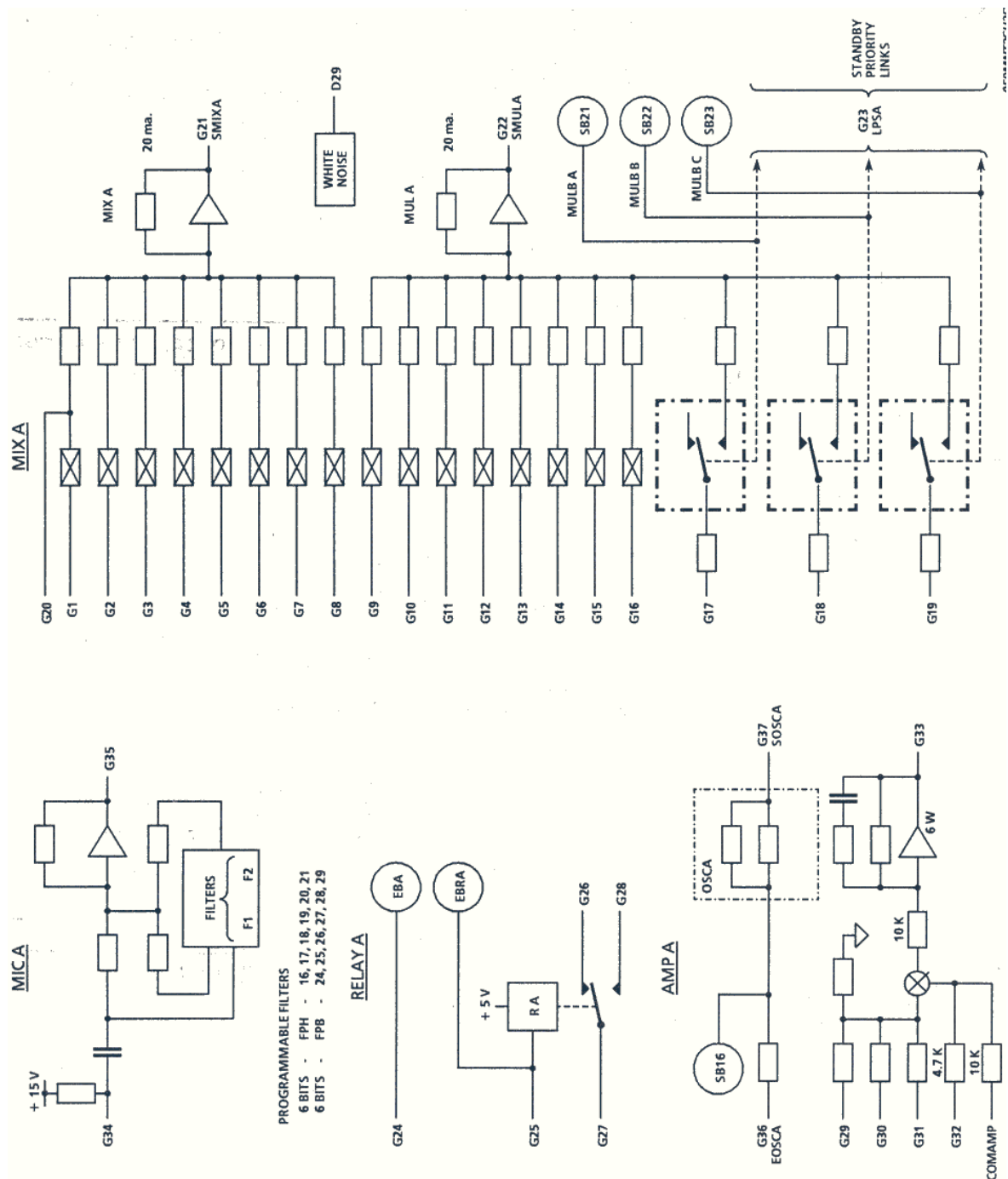
Σχήμα 35. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X-MASPAN

## ΚΑΡΤΑ X-COMDAC

### Λειτουργία

Η κάρτα X-COMDAC χρησιμοποιείται στο σύστημα των ηχητικών εφέ του εξομοιωτή πτήσης. Σκοπός της είναι να παρέχει λειτουργίες μίξης των ηχητικών σημάτων, ελέγχου έντασης, ενίσχυσης, φιλτραρίσματος και προσαρμογής για το ηχητικό σύστημα.

Η κάρτα επίσης, είναι εξοπλισμένη με ταλαντωτές και με γεννήτριες παραγωγής λευκού θορύβου. Οι γεννήτριες αυτές παράγουν τις συχνότητες αναγνωριστικών σημάτων και εισάγουν παρασιτικούς θορύβους στις ραδιοεπικοινωνίες του αεροσκάφους.



Σχήμα 36. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X-COMDAC

## Κεφάλαιο 1.10

### ΗΧΗΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

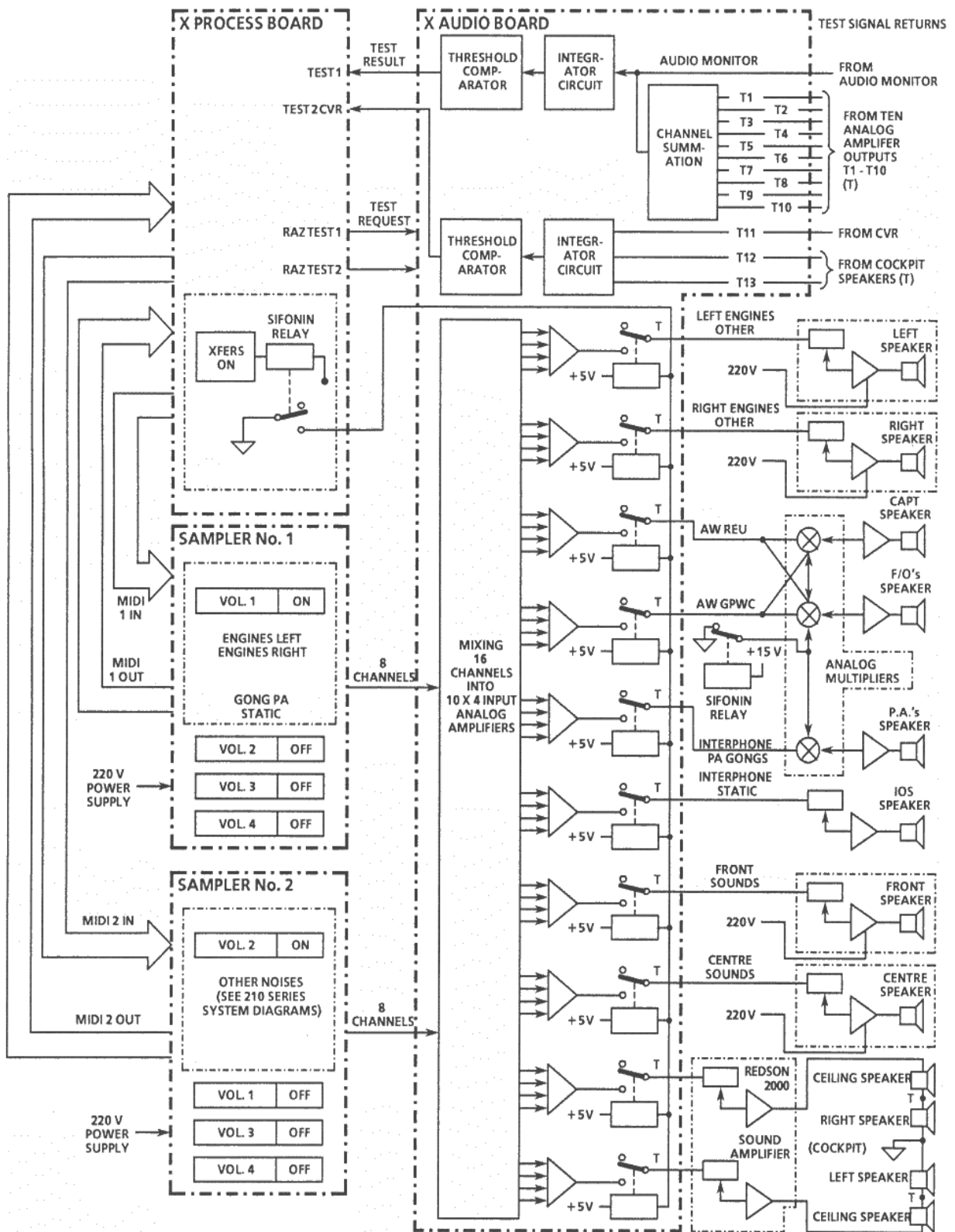
#### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το ηχητικό σύστημα παράγει κατάλληλους ήχους ανάλογα με την λειτουργία του αεροσκάφους. Οι ήχοι είναι αποθηκευμένοι σαν ψηφιακά δεδομένα σε σκληρούς δίσκους μέσα σε δύο μουσικούς μείκτες. Το λογισμικό SONUM, το οποίο τρέχει στην κάρτα X PROCESS, ελέγχει τους μείκτες έτσι ώστε να παράγουν τα κατάλληλα ηχητικά σήματα στα δέκα κανάλια εξόδου. Τα ηχητικά σήματα αρχικά αναμειγνύονται και ενισχύονται στην κάρτα X AUDIO και κατόπιν διανέμονται στα ηχεία τα οποία είναι τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις του πιλοτηρίου.

Το ηχητικό σύστημα εξομοιώνει ήχους από:

- i) Τους κινητήρες του αεροσκάφους.
- ii) Τα ποδοστήρια προσγείωσης- απογείωσης.
- iii) Τον αεροδιάδρομο.
- iv) Τις γεννήτριες του αεροσκάφους.
- v) Βροχή, χαλάζι, κεραυνούς κλπ.
- vi) Αεροδυναμικούς θορύβους.
- vii) Θορύβους που προέρχονται από βλάβες.
- viii) Προειδοποιητικές σημάνσεις.





Σχήμα 37. Διάγραμμα ηχητικού συστήματος

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Ο κύριος εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στο ηχητικό σύστημα περιλαμβάνει:

- i) Ψηφιακούς μείκτες.
- ii) Ψηφιακό σύστημα επεξεργασίας που περιλαμβάνει:
  - a) Κάρτα X AUDIO, (μείξης και ελέγχου).
  - b) Κάρτα X PROCESS (επεξεργασίας).
  - c) Κάρτα X MEMBUS (αποθήκευσης).
- iii) Ηχεία και ενισχυτές.

Οι κάρτες, οι μείκτες και οι ενισχυτές είναι τοποθετημένοι στην καμπίνα εξοπλισμού J, στο δωμάτιο των υπολογιστών.

## **ΜΕΙΚΤΕΣ**

Χρησιμοποιούνται δύο μείκτες S1100 της AKAI. Κάθε μείκτης αποθηκεύει τους απαραίτητους καταγραμμένους ήχους, οι οποίοι μπορούν να ελεγχθούν από τον κεντρικό υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο.

Οι μείκτες είναι συνδεδεμένοι με την κάρτα X PROCESS, μέσω κατάλληλου ψηφιακού διαύλου. Το λογισμικό SONUM, το οποίο τρέχει στην X PROCESS, ελέγχει τους ήχους μέσα σε χρονικό κύκλο 66 ms (χρονική διάρκεια μισή του συνολικού κύκλου εξομοίωσης). Οι έξοδοι των μεικτών είναι ηχητικά σήματα και τροφοδοτούν την κάρτα X AUDIO.

## **ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **Κάρτα X AUDIO**

Η πρωταρχική λειτουργία αυτής της κάρτας είναι να κατευθύνει, μέσω ενισχυτών, πολλαπλασιαστών και ποτενσιόμετρων, τα ηχητικά σήματα εισόδου, από τους μείκτες στα κατάλληλα ηχεία του εξομοιωτή. Επίσης, η κάρτα αυτή έχει την δυνατότητα να τρέξει κάποια τεστ μετά από απαίτηση της κάρτας X PROCESS.

Τα τεστ ελέγχουν τα κανάλια εξόδου των αναλογικών ενισχυτών της κάρτας X AUDIO, στέλνοντας ένα τόνο ελέγχου σε κάθε ηχείο, κατόπιν το ηχείο λαμβάνει μια συγκεκριμένη συχνότητα και την ίδια ώρα το διαγνωστικό σύστημα GOLD απεικονίζει τα επίπεδα εξόδου της κάρτας.

### **Κάρτα X PROCESS**

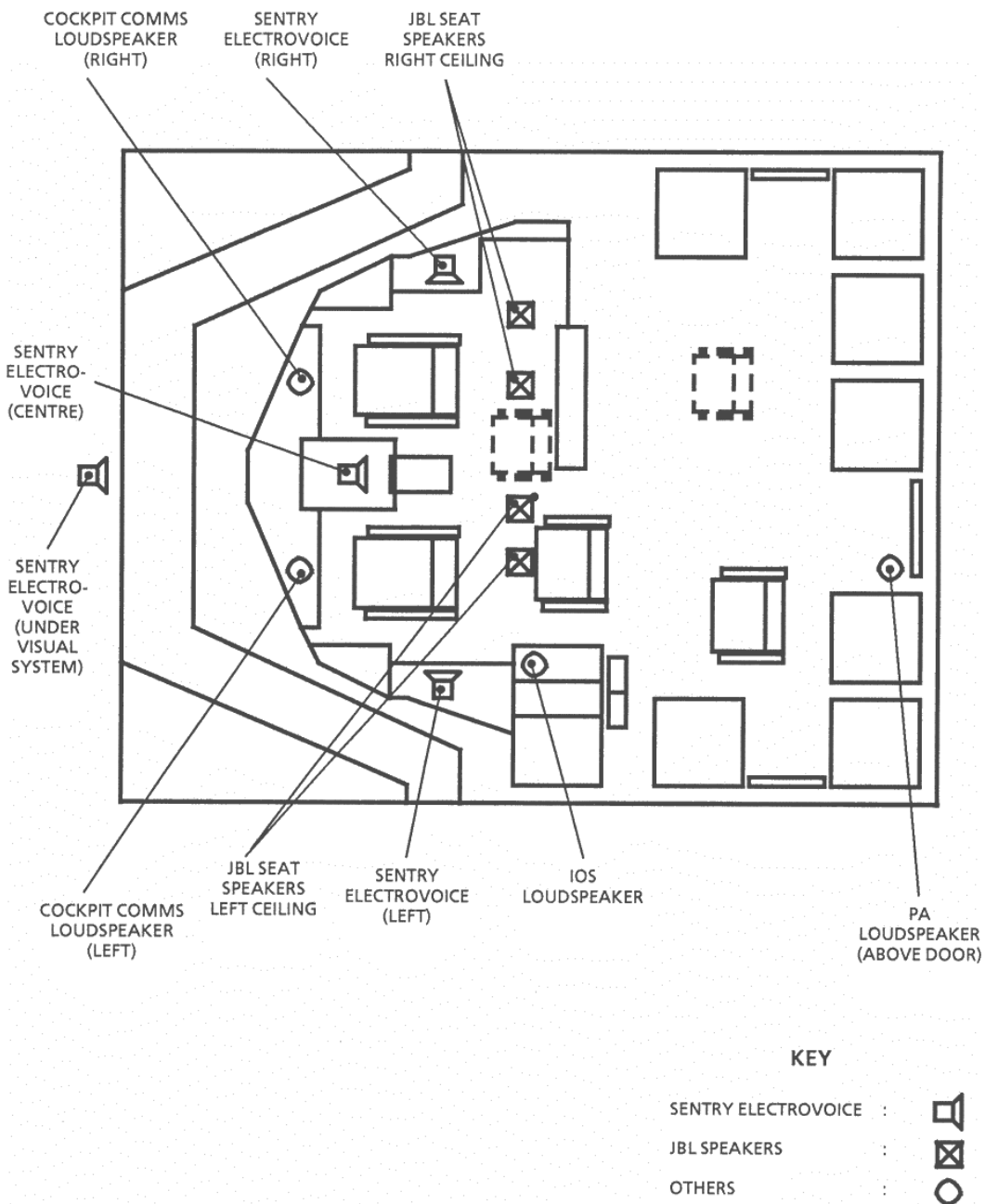
Η κάρτα αυτή ελέγχει τους μείκτες μέσω του λογισμικού SONUM. Περιέχει ηλεκτρονόμους και όταν τρέχει το πρόγραμμα εξομοίωσης, επιτρέπει στα ηχητικά σήματα να αναπαραχθούν από τα. Όταν δεν τρέχει το πρόγραμμα εξομοίωσης όλα τα ηχεία είναι απενεργοποιημένα.

### **Κάρτα X MEMBUS**

Η κάρτα X MEMBUS αποτελεί την μνήμη του ψηφιακού ηχητικού συστήματος επεξεργασίας. Δουλεύει από κοινού με την X PROCESS για την μεταφορά των δεδομένων από τον κεντρικό υπολογιστή στον επεξεργαστή.

## ΗΧΕΙΑ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

Τα ηχεία είναι τοποθετημένα σε διάφορες θέσεις μέσα στον εξομοιωτή πτήσεων (σχήμα 36) και είναι δύο κατηγοριών: Sentry Electronic και JBL 40W. Τα πρώτα έχουν εσωτερικούς ενισχυτές και αναπαράγουν τον ήχο από τους κινητήρες, ενώ τα δεύτερα αναπαράγουν τους ήχους από το περιβάλλον όπως βροχή, χαλάζι κλπ. Τα ηχητικά σήματα που τροφοδοτούν τα ηχεία του κυβερνήτη και συγκυβερνήτη, τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με αναλογικούς πολλαπλασιαστές, υφίστανται περαιτέρω ενίσχυση. Τα σήματα που πρόκειται να αναπαραχθούν από τα ηχεία οροφής περνούν μέσα από ένα δικάναλο ενισχυτή της Yamaha P2075 400W με ρυθμιζόμενο κέρδος για κάθε κανάλι.



Σχήμα 38. Χωροθέτηση ηχείων

## **ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ SONUM**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

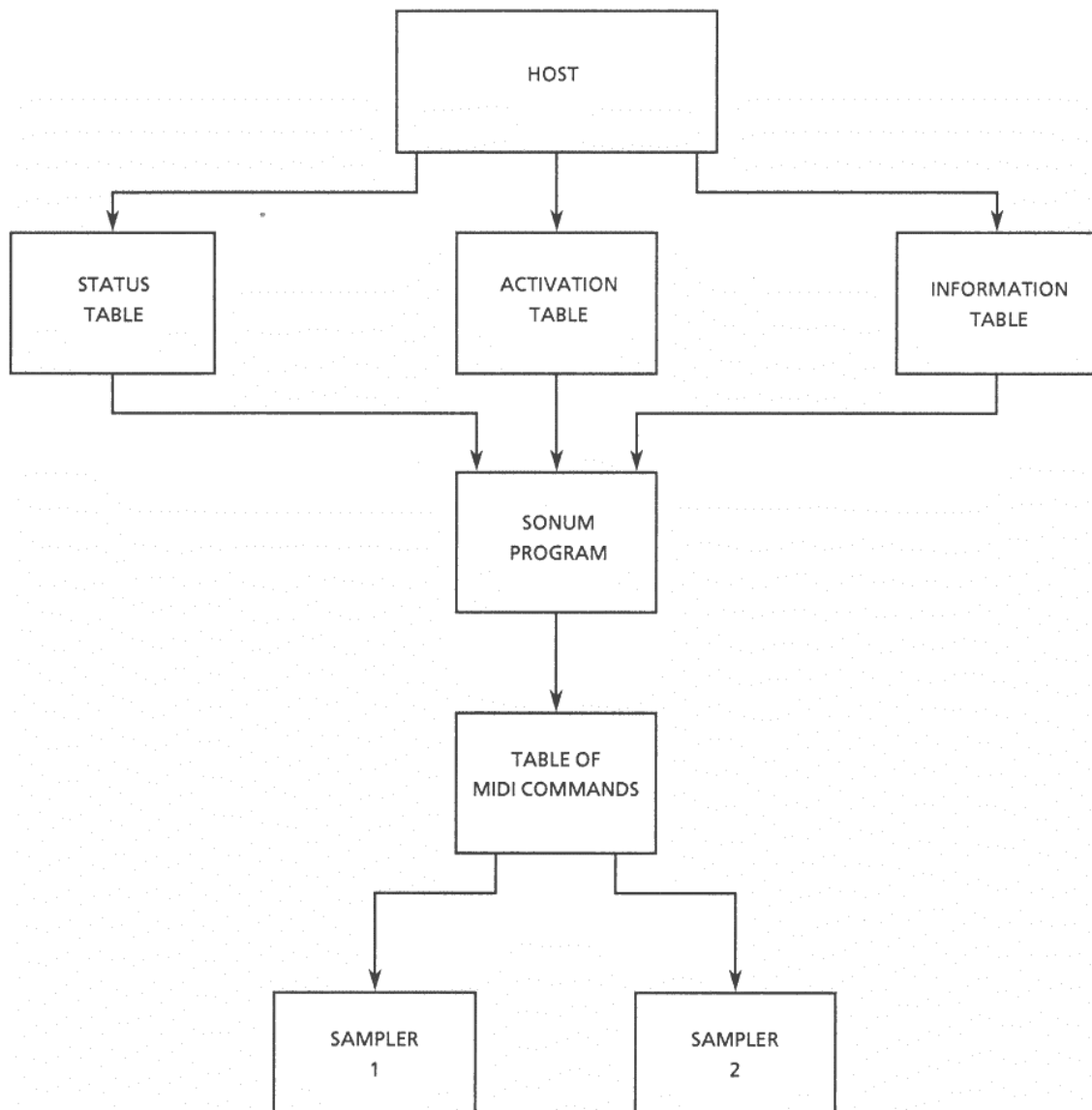
SONUM ονομάζεται το λογισμικό των ψηφιακών ηχητικών εφέ που ελέγχει το ηχητικό σύστημα του εξομοιωτή πτήσεων. Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας τα διάφορα ηχητικά εφέ διαμοιράζονται σε δύο ψηφιακούς μείκτες, αλλά όταν ο ένας μείκτης είναι ανενεργός, το ηχητικό σύστημα περνά σε διαφορετική κατάσταση λειτουργίας. Σε αυτή την περίπτωση όπου η κατάσταση λειτουργίας είναι πιο υποβαθμισμένη, τα ηχητικά εφέ ομαδοποιούνται με σειρά προτεραιότητας και οδηγούνται στο λειτουργών μείκτη. Η προτεραιότητα αυτή διασφαλίζει ότι πρωτεύοντες ήχοι όπως αυτοί των κινητήρων και των προειδοποιήσεων θα παραμείνουν ενεργοί.

Το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού SONUM φαίνεται στο σχήμα 37.

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ SONUM**

Το λογισμικό SONUM εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες :

- i) Ερμηνεύει εντολές από τον κεντρικό υπολογιστή του συστήματος (κατάσταση λειτουργίας, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση, ένταση συστήματος κλπ)
- ii) Εκτελεί υπολογισμούς για την ένταση και την συχνότητα του συστήματος.
- iii) Κωδικοποιεί δεδομένα σε μορφή MIDI (musical instrument digital interface).
- iv) Φτιάχνει πίνακες από λέξεις ώστε να αναπαριστούν ήχους.
- v) Ελέγχει την αλληλουχία των λέξεων (π.χ. υπολογίζει την διάρκεια κάθε μορφής και προγραμματίζει ένα χρονικό)



**Σχήμα 39. Περιβάλλον λογισμικού SONUM**

### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Γενικά, το πρόγραμμα SONUM περιλαμβάνει διάφορα διακριτά κομμάτια:

#### **Το πρόγραμμα ήχου**

Το πρόγραμμα ήχου φορτώνεται μια φορά, κατά την διάρκεια φόρτωσης του προγράμματος εξομοίωσης και εξετάζει τους παρακάτω πίνακες για αναζήτηση απαραίτητων πληροφοριών για την παραγωγή των κατάλληλων ηχητικών εφέ.

#### **Πίνακας ενεργοποίησης**

Ο πίνακας ενεργοποίησης ανανεώνεται σε κάθε κύκλο του ηχητικού συστήματος (κάθε δεύτερο κύκλο του προγράμματος εξομοίωσης, δηλ κάθε 66 ms).

Ο πίνακας δείχνει στο πρόγραμμα πότε ένας ήχος είναι ενεργοποιημένος ή όχι. Σε κάθε κύκλο του προγράμματος, το SONUM συγκρίνει την νέα κατάσταση κάθε στοιχείου στον πίνακα με την προηγούμενη και εάν υπάρχει κάποια αλλαγή (ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση), τότε εκτελείται η αντίστοιχη διαδικασία. Εάν δεν εντοπιστεί κάτι διαφορετικό τότε SONUM συνεχίζει να εξετάζει τον πίνακα.

### **Πίνακας κατάστασης**

Ο πίνακας κατάστασης φορτώνεται και αυτός μια φορά κατά την φόρτωση του προγράμματος εξομοίωσης και αρχικοποιεί το πρόγραμμα SONUM. Ο πίνακας περιγράφει τα στατικά χαρακτηριστικά κάθε αποθηκευμένου ήχου και την ανάθεσή τους στους μείκτες.

### **Πίνακας πληροφοριών**

Ο πίνακας πληροφοριών ανανεώνεται σε κάθε κύκλο του ηχητικού συστήματος και περιγράφει τα δυναμικά χαρακτηριστικά των αποθηκευμένων ήχων όπως την ένταση και την συχνότητα σε συνάρτηση με τις παραμέτρους εξομοίωσης.

### **ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

Το πρόγραμμα των ψηφιακών ηχητικών εφέ ξεκινά με ένα interrupt (IT), και ενεργοποιείται από το τέλος των μεταφορών των πινάκων ενεργοποίησης και πληροφοριών στην κάρτα X MEMBUS.

Η αρχή είναι να συγκρίνει, σε κάθε IT, τα περιεχόμενα του πίνακα ενεργοποίησης με αυτά που περιείχε στον προηγούμενο κύκλο για να καθορίσει οποιαδήποτε αλλαγή στην παρούσα κατάσταση (ενεργοποίηση/απενεργοποίηση).

Για την γενική ταξινόμηση των παραμέτρων της έντασης και της συχνότητας για τους εξελίξιμους κατά τον χρόνο ήχους, όπως π.χ. η αυξομείωση των στροφών των κινητήρων, εκτελείται μια σύγκριση μεταξύ των τρεχουσών και προηγούμενων πληροφοριών με σκοπό την εύρεση της τιμής του ήχου που θα παραχθεί στον επόμενο κύκλο προγράμματος. Αυτές οι συγκρίσεις δεν εκτελούνται κατευθείαν στον πίνακα πληροφοριών, αλλά σε ένα άλλο πίνακα και μετατρέπονται στο πρότυπο MIDI. Στην πραγματικότητα λέξεις των 32-bit μετατρέπονται σε 7-bit. Αυτό γίνεται γιατί οι δυναμικές πληροφορίες δεν μεταφέρονται μέσω των γραμμών MIDI.

Όλα τα στοιχεία σχετικά με την ενεργοποίηση, την απενεργοποίηση, τις τροποποιήσεις της έντασης και της συχνότητας ανασυγκροτούνται σε έναν πίνακα MIDI. Τελικά, κάθε πίνακας μεταφέρεται μέσω της κάρτας X PROCESS στους μείκτες.

# ΜΕΡΟΣ ΙΙ

## ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΞΟΜΟΙΩΤΗ ΠΤΗΣΕΩΝ

## **Κεφάλαιο 2.1**

### **ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ NM6X**

#### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

#### **ΣΚΟΠΟΣ**

Το σύστημα κίνησης αναπαράγει τις αισθήσεις επιτάχυνσης που γίνονται αισθητές σε ένα αεροπλάνο κατά τη διάρκεια μιας πραγματικής πτήσης.

Γενικά, οι αισθήσεις είναι:

1. Κανονικής πτήσης.
2. Ιδιαίτερες αισθήσεις όπως π.χ. κενά αέρος.

#### **ΣΥΝΘΕΣΗ**

Το σύστημα κινήσεων αποτελείται από:

- Από 6 άξονες κίνησης.
- Μία καμπίνα ελέγχου, η οποία περιλαμβάνει ένα πάνελ ελέγχου, διασυνδέσεις, δύο τροφοδοτικά, μια οθόνη και ένα πληκτρολόγιο.
- Μία μονάδα υδραυλικής ισχύος η οποία τροφοδοτεί τους άξονες κίνησης με την απαραίτητη πίεση και ροή υδραυλικού υγρού. Είναι εγκατεστημένη μέσα στο δωμάτιο υδραυλικών.

Η καμπίνα ελέγχου του συστήματος κίνησης περιέχει τον ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό ο οποίος ελέγχει το σύστημα κατά την διάρκεια της λειτουργίας του. Επίσης, εκτελεί τεστ κατά την διάρκεια της συντήρησης.



## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

### **ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ**

#### Παρουσίαση

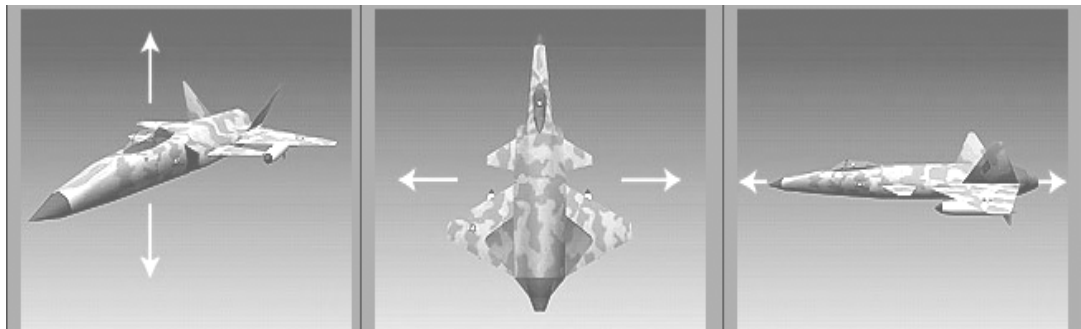
Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει μια βάση και έξι άξονες κίνησης. Οι άξονες κίνησης είναι συνδεδεμένοι ανά δύο σε σχήμα ανάποδου V. Κάθε άξονας κίνησης, στο επάνω του άκρο είναι συνδεδεμένος με το κάτω μέρος της πλατφόρμας μέσω των συνδέσμων (pivots), ενώ το κάτω του άκρο είναι στερεωμένο σε σύνδεσμο που βρίσκεται στο έδαφος.

Η βάση του εξομοιωτή περιλαμβάνει ένα σύστημα διανομής υδραυλικού υγρού στα τρία ζευγάρια των αξόνων κίνησης, καθώς και επτά υδραυλικούς συσσωρευτές.

Αυτά τα κομμάτια είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με έξι άκαμπτους σωλήνες σε μορφή αστεριού στο κέντρο της βάσης και με ελαστικούς σωλήνες που προέρχονται από το σύστημα διανομής υδραυλικού υγρού.

Κάθε άξονας κίνησης ελέγχεται από ένα αναλογικό σήμα που εκπέμπεται από την καμπίνα ελέγχου. Η κίνηση ενός ή περισσότερων αξόνων κίνησης προκαλεί μια απλή ή πιο σύνθετη κίνηση της πλατφόρμας, παρέχοντας έτσι τους ακόλουθους έξι βαθμούς ελευθερίας:

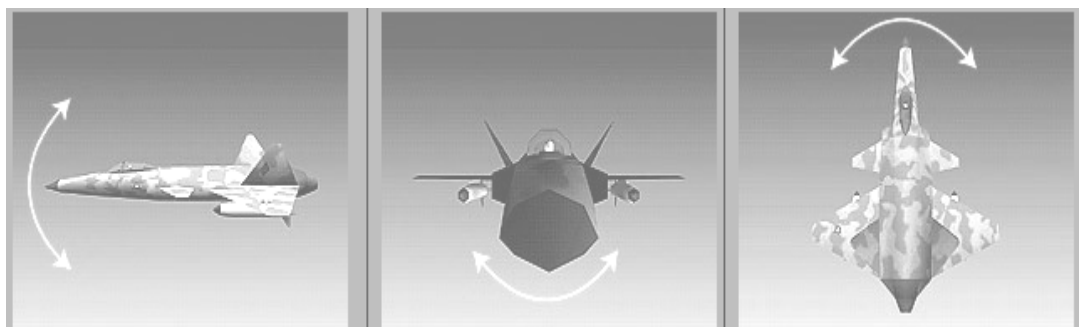
- 1) Vertical, 2) Lateral, 3) Longitudinal, 4) Pitch, 5) Roll, 6) Yaw.



Vertical

Lateral

Longitudinal



Pitch

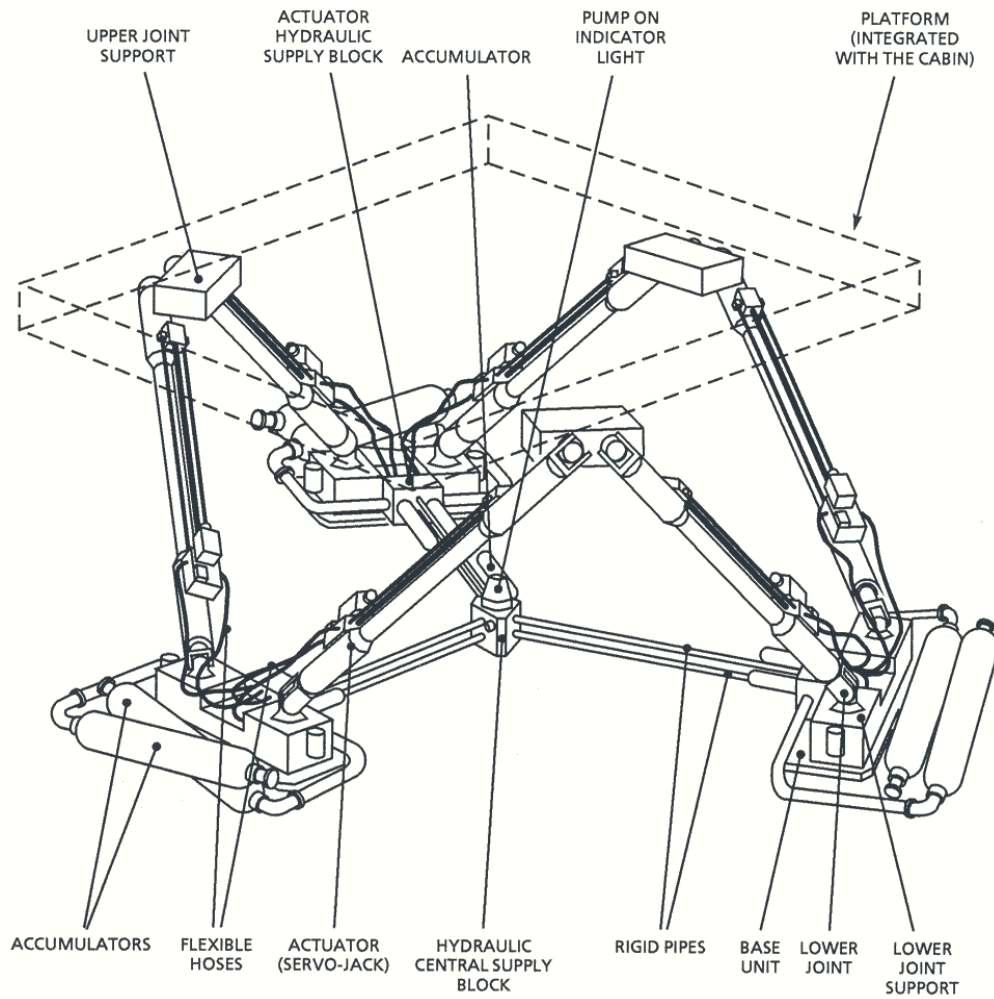
Roll

Yaw

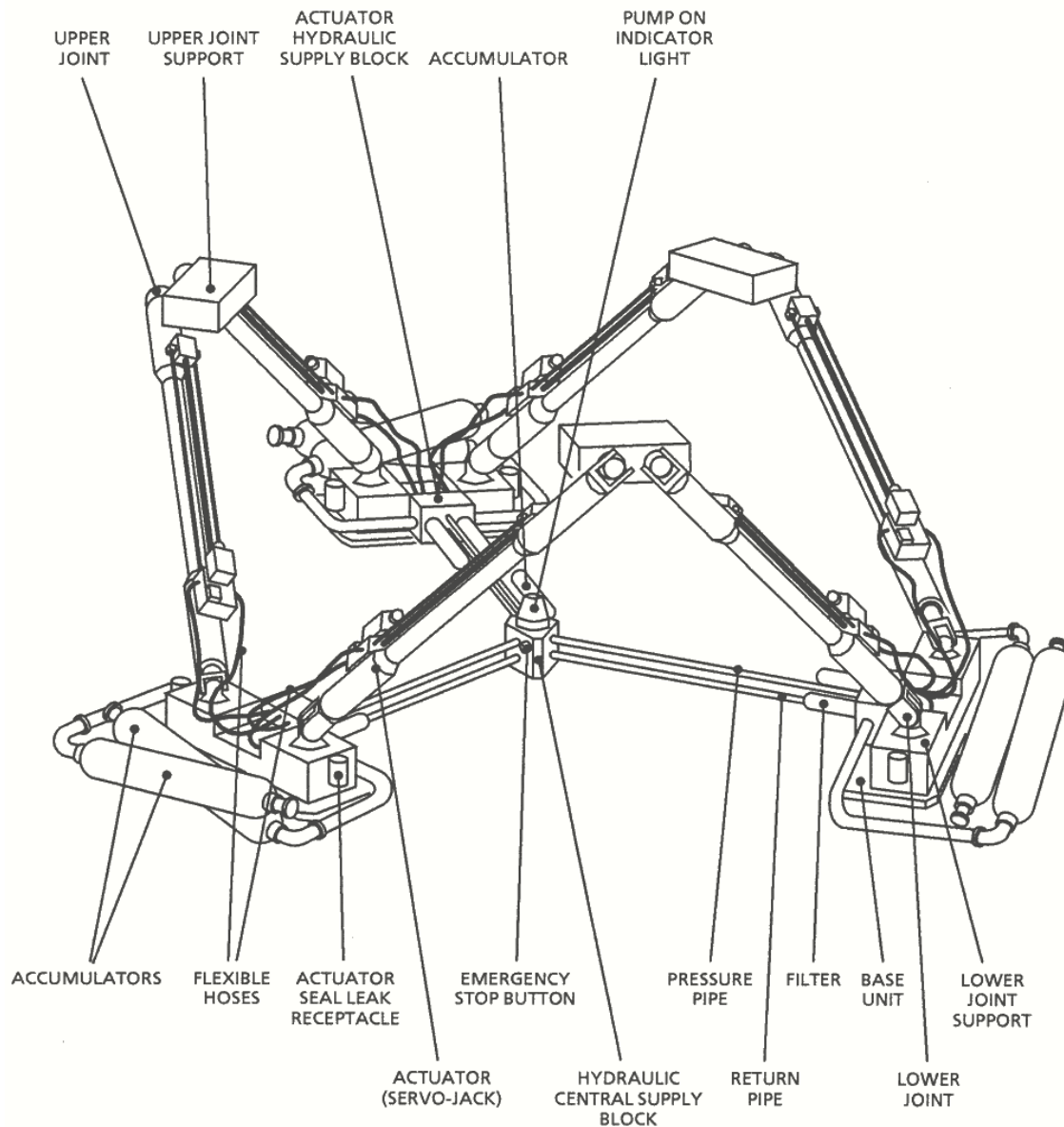
## Περιγραφή των κύριων μονάδων

### Βάση εξομοιωτή

Οι τρεις κάτω σύνδεσμοι και οι επτά συσσωρευτές υδραυλικού υγρού είναι τοποθετημένοι στο πάτωμα.



**Σχήμα 40. Σύστημα κίνησης NM6X**



Σχήμα 41. Βάση συστήματος κίνησης

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι δυνατότητες του συστήματος κίνησης :

	Διαδρομή	Ταχύτητα	Επιτάχυνση	Ρυθμός επιτάχυνσης
Pitch	+ 28°, -34°	+ 24°/s, -20°/s	± 260°/s <sup>2</sup>	± 300°/s <sup>2</sup> /s
Roll	± 30°	± 24°/s	± 260°/s <sup>2</sup>	± 300°/s <sup>2</sup> /s
Yaw	± 28°	± 26°/s	± 260°/s <sup>2</sup>	± 300°/s <sup>2</sup> /s
Vertical	± 0.96 m	± 0.8 m/s or 3.15 ft/s	± 1.2 g or 2.6 ft/s	± 4 g/s
Lateral	± 1.48 m	± 1 m/s or 4.85 ft/s	± 0.8 g or 3.3 ft/s	± 3 g/s
Longitudinal	± 1.37 m	± 1 m/s or 4.5 ft/s	± 0.6 g or 3.3 ft/s	± 3 g/s

### Πάνω και κάτω σύνδεσμοι

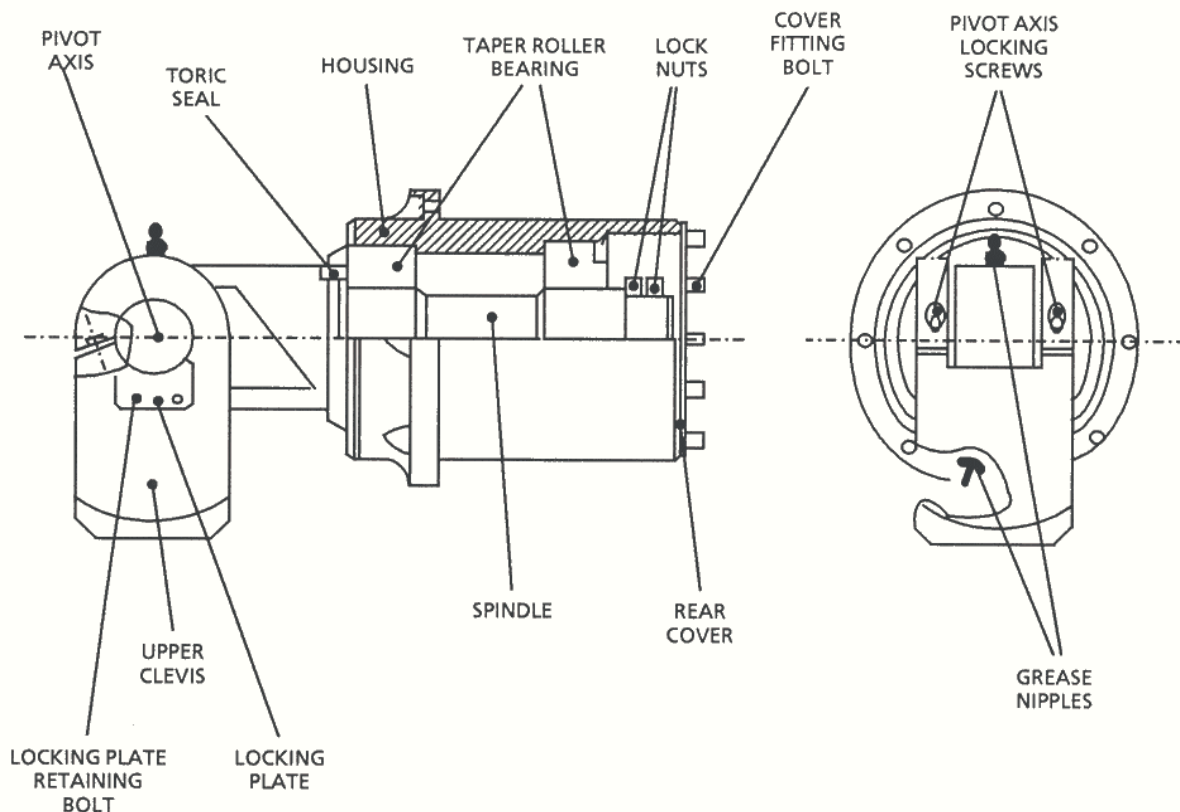
Οι σύνδεσμοι παρέχουν στην πλατφόρμα τη δυνατότητα κίνησης γύρω από τρεις άξονες κινήσεων (έξι βαθμοί ελευθερίας).

Σε κάθε σύνδεσμο συνδέονται δύο άξονες κίνησης και οι κάτω με τους πάνω είναι παρόμοιοι.

Οι πάνω σύνδεσμοι είναι ενσωματωμένοι με την πλατφόρμα φτιάχνοντας έτσι την βάση του πιλοτηρίου, ενώ οι κάτω σύνδεσμοι είναι ασφαλισμένοι στο πάτωμα με μπουλόνια και καρύδια.

Οι σύνδεσμοι περιλαμβάνουν:

- Ένα κυλινδρικό περίβλημα με μια εξωτερική φλάντζα και εσωτερικές κοιλότητες για ρουλεμάν.
- Μπροστινά και πίσω καλύμματα στερεωμένα με βίδες σε κάθε κοιλότητα,
- Έναν άξονα που υποστηρίζεται από τη μία πλευρά από τα ρουλεμάν μέσα στην κοιλότητα και συγκρατείται από την μπροστινή πλευρά από ένα είδος μηχανικού ώμου και από την πίσω πλευρά από παξιμάδι.
- Εισόδους για τη λίπανση του άξονα και των ρουλεμάν,



Σχήμα 42. Πάνω και κάτω σύνδεσμοι

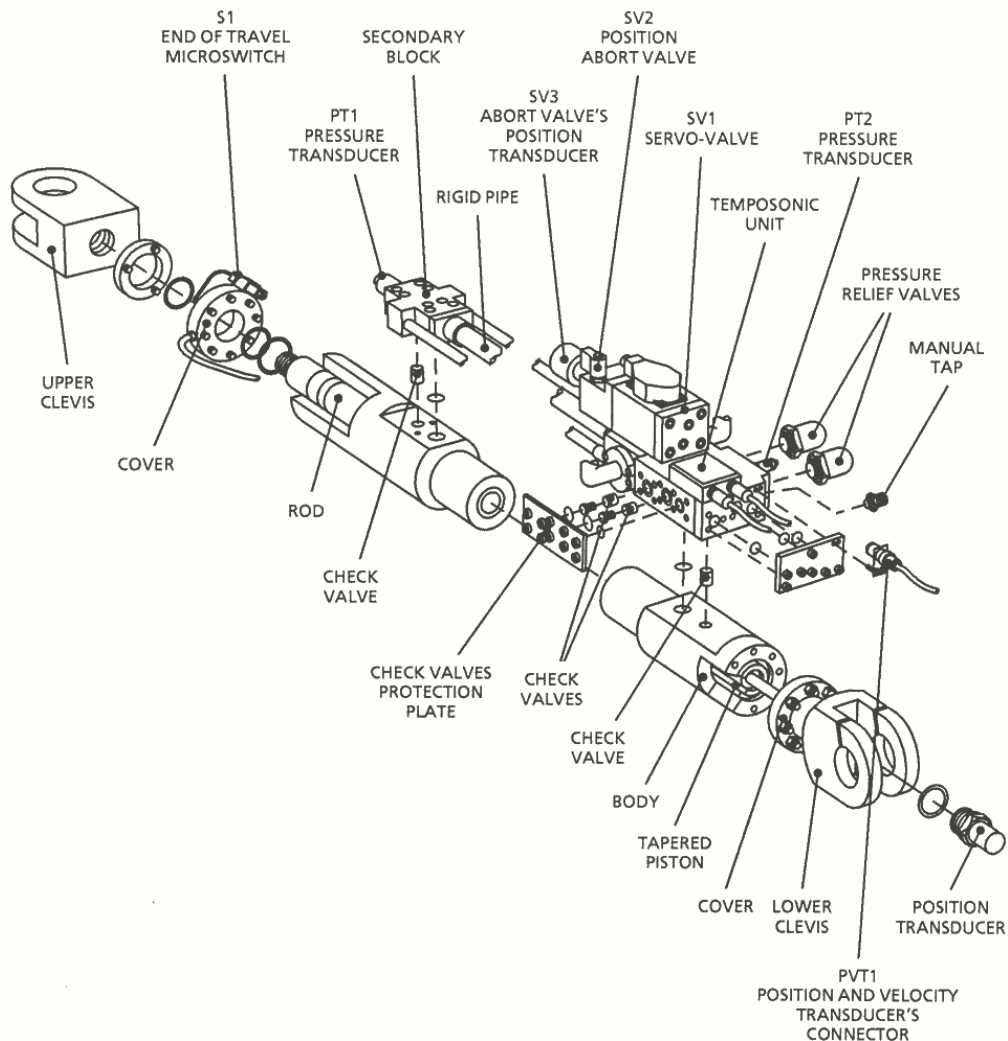
## Άξονες κίνησης

Η συλλογική μετακίνηση των έξι αξόνων επιτρέπει στο πιλοτήριο να κινηθεί σε όλες τις κατευθύνσεις. Κάθε άξονας κίνησης αποτελείται από ένα μοχλό με πιστόνι το οποίο κινείται πάνω και κάτω μέσα σε ένα κύλινδρο υπό την πίεση υδραυλικού υγρού. Το πιστόνι, το οποίο έχει κωνικά άκρα, εξασφαλίζει υδραυλική απόσβεση στο κατώτερο ή ανώτερο σημείο του θαλάμου κίνησής του όταν πραγματοποιείται μια πλήρη επέκτασή του. Οποιοσδήποτε διαρροές υδραυλικού υγρού από τον άξονα κίνησης συλλέγονται και οδηγούνται σε ένα μπουκάλι κάτω χαμηλά στον άξονα.

Ένας μηχανισμός που είναι συνδεδεμένος πάνω στον άξονα κίνησης φιλοξενεί την σερβοβαλβίδα ελέγχου, την βαλβίδα εκκένωσης, δύο βαλβίδες εκτόνωσης, δύο ανεπίστροφες βαλβίδες και δύο μετατροπείς πίεσης.

Ένας διακόπτης προστασίας ενεργοποιείται όταν επεκταθεί πλήρως ο άξονας κίνησης.

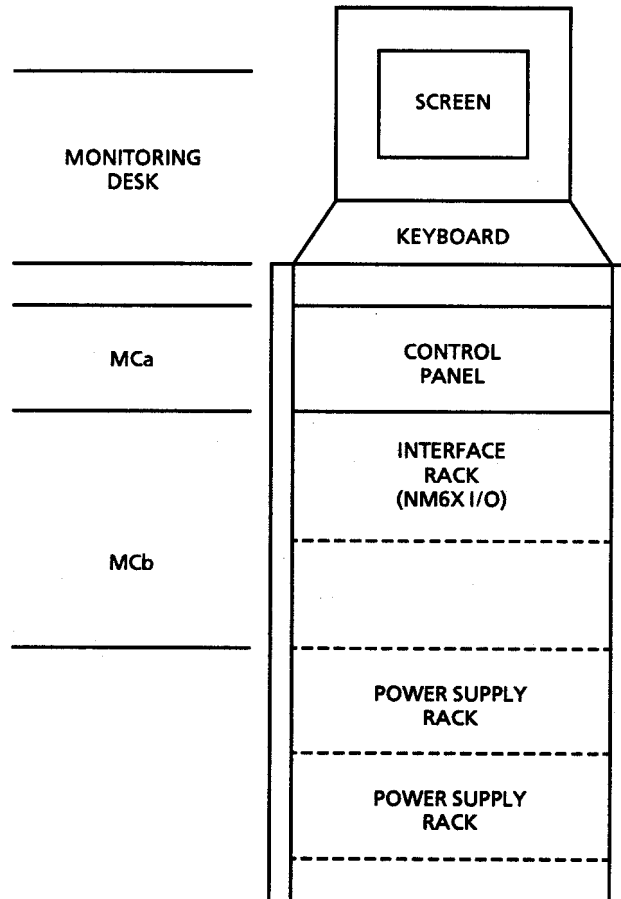
Οι άξονες κίνησης ελέγχονται από σερβοβαλβίδες και από σήματα που παράγονται από την καμπίνα ελέγχου. Ένας μετατροπέας ταχύτητας και θέσης (TEMPOSONIC) παρέχει ένα σήμα ταχύτητας και ένα σήμα μετατόπισης για έλεγχο των αξόνων και διαπιστώνει την σωστή ανταπόκρισή τους.



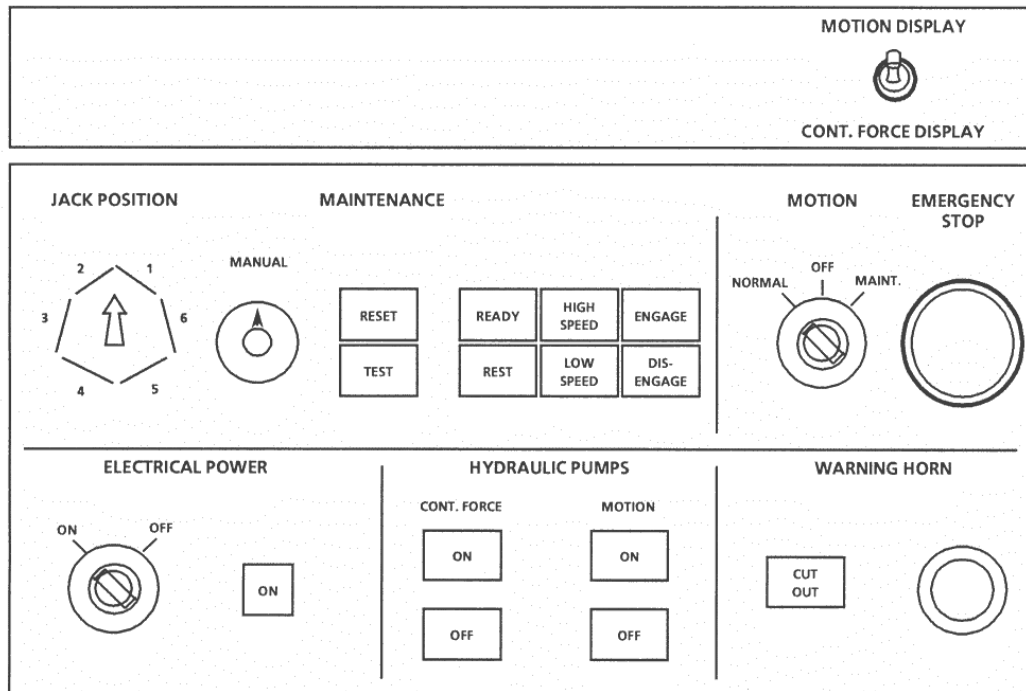
Σχήμα 43. Άξονας κίνησης

**ΚΑΜΠΙΝΑ ΚΙΝΗΣΗΣ(ΚΑΜΠΙΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ)****Γενική λειτουργία**

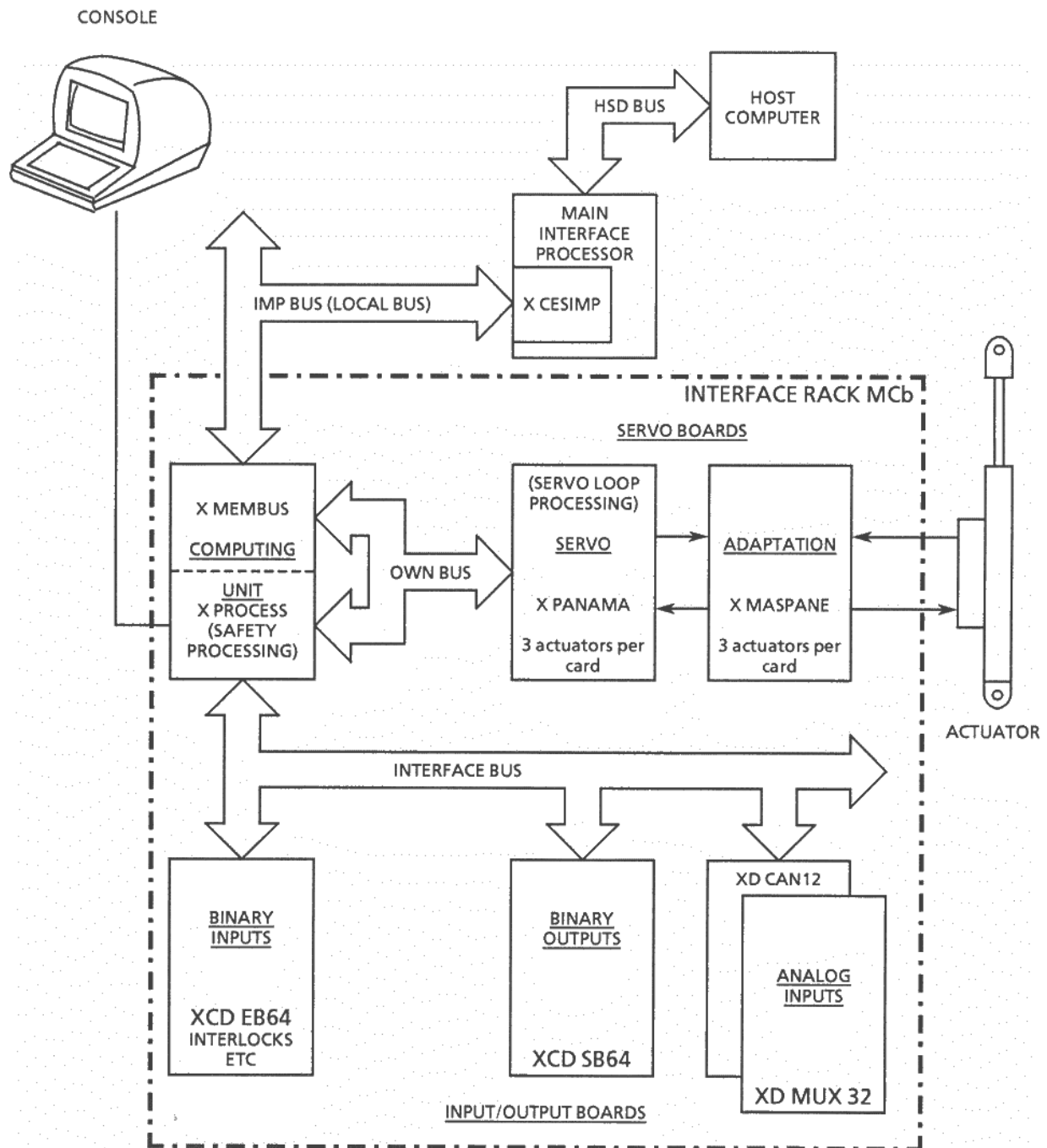
Η καμπίνα κίνησης (καμπίνα έλεγχου) (σχήμα 44) αποτελείται από ένα πάνελ ελέγχου, διακόπτες, ενδείκτες, ηλεκτρονικές κάρτες, δύο τροφοδοτικά, οθόνη και πληκτρολόγιο.



Σχήμα 44. NM6X καμπίνα ελέγχου (MC)



Σχήμα 45. Πάνελ καμπίνας κίνησης (καμπίνας ελέγχου)



Σχήμα 46. Διασυνδέσεις του συστήματος κίνησης

#### Αρχές διασύνδεσης

Το σύστημα διασυνδέσεων περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

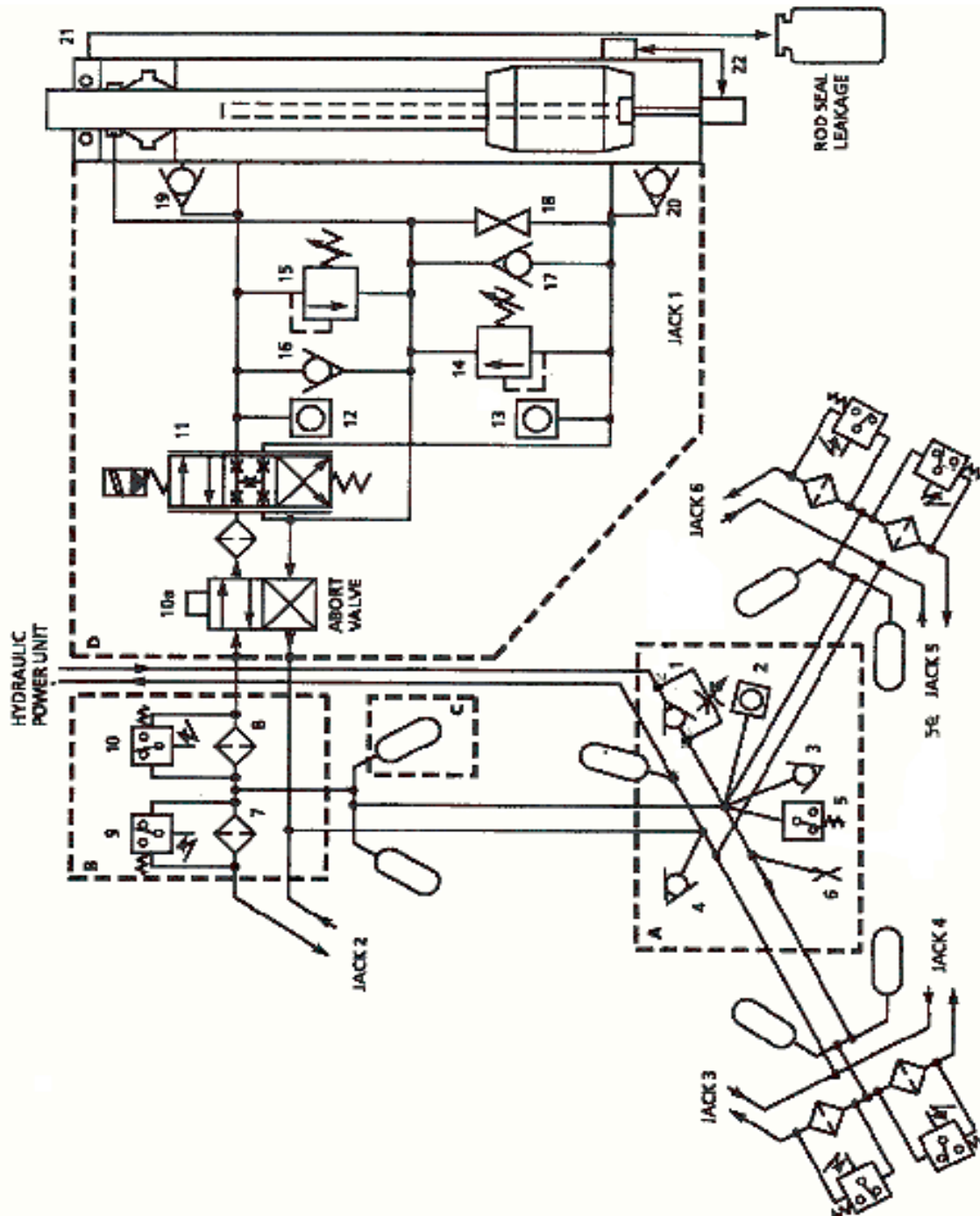
- Τις κάρτες επεξεργασίας και αποθήκευσης: X PROCESS, X MEMBUS.
- Τις κάρτες εισόδου/εξόδου: XCD SB64, XCD EB64, XD CAN12, XD MUX32.
- Τις κάρτες ελέγχου συστημάτων σέρβο: X PANAMA, XMASPANE.

Η θέση των αξόνων κίνησης κάθε χρονική στιγμή επεξεργάζεται από τον κεντρικό υπολογιστή. Η μονάδα επεξεργασίας του συστήματος motion εκτελεί τον γενικό έλεγχο του συστήματος κίνησης, της γέφυρας πρόσβασης και της μονάδας παροχής υδραυλικής ισχύος για να



διαπιστώσει εάν ικανοποιούνται όλες οι απαιτήσεις ασφαλείας ώστε να δώσει εντολή ελέγχου των αξόνων. Επίσης η συγκεκριμένη μονάδα παρέχει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα κατά την διάρκεια λειτουργίας και συντήρησης. Τέλος, ενημερώνει με μηνύματα το διαγνωστικό GOLD.

Οι κάρτες εισόδου/εξόδου επιτρέπουν στον κεντρικό υπολογιστή να επικοινωνήσει με τα περιφερειακά του συστήματος (πάνελ ελέγχου, μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος κλπ). Οι κάρτες ελέγχου συστημάτων σέρβο παρέχουν μετατροπές τάσης σε ρεύμα των σημάτων ελέγχου από εντολές του κεντρικού υπολογιστή, οδηγούν τις σερβοβαλβίδες των αξόνων κίνησης και μεταβιβάζουν τα δεδομένα που προέρχονται από μετατροπείς.



Σχήμα 47. Σύστημα κίνησης – Υδραυλικό σύστημα και μετατροπείς

**ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ****ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ (σχήμα 47)****(A) Κεντρικό μπλοκ διανομής υδραυλικού υγρού**

- (1) Ανεπίστροφη βαλβίδα/βαλβίδα εκτόνωσης.
- (2) Μετατροπέας πίεσης.
- (3,4) Σημεία σύνδεσης για περιφερειακή συσκευή μέτρησης πίεσης.
- (5) Διακόπτης πίεσης (ενεργοποίηση στα 50 bar).
- (6) Σημείο δειγματοληψίας.

**(B) Σύστημα διανομής υδραυλικού υγρού στους άξονες**

- (7,8) 3 μικρά φίλτρα.
- (9,10) Αισθητήρας βουλωμένου φίλτρου.

**(C) Υδραυλικοί συσσωρευτές (έξι)****(D) Άξονες κίνησης (έξι)**

- (11) Σερβοβαλβίδα και φίλτρο.
- (12,13) Μετατροπέας πίεσης.
- (14,15) Βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης αξόνων κίνησης.
- (16,17) Ανεπίστροφες βαλβίδες.
- (18) Βάνα παράκαμψης.
- (19, 20) Ανεπίστροφες βαλβίδες.
- (21) Δοχείο διαρροών.
- (22) Μετατροπέας θέσης και ταχύτητας (TEMPOSONIC).

### Γενική περιγραφή

Το υδραυλικό υγρό παρέχεται από τη μονάδα υδραυλικής ισχύος στο κεντρικό μπλοκ διανομής, μέσω 2 σωλήνων για το κύκλωμα πίεσης ( $105 \pm 5$  bar) και 3 σωλήνες για το κύκλωμα επιστροφής (10 bar).

Οι συσσωρευτές είναι συνδεδεμένοι ανά δύο παράλληλα σε καθένα από τα τρία κυκλώματα πίεσης και η λειτουργία τους είναι πολύ σημαντική καθώς τα ρευστά δεν μπορούν να συμπιεστούν και να κρατηθούν σε εφεδρεία υπό πίεση για να χρησιμοποιηθούν στην κατάλληλη στιγμή, όπως γίνεται με τα αέρια. Το μειονέκτημα αυτό αντιμετωπίζεται με τους συσσωρευτές, οι οποίοι είναι διατάξεις αποθηκείσεως ρευστού υπό πίεση αερίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την είσοδο ρευστού υπό πίεση σε ένα θάλαμο και την αντίστοιχη συμπίεση ενός αερίου ή ελατηρίου. Κάθε τάση της πίεσεως στο υπόλοιπο κύκλωμα να περιορισθεί, επιτρέπει το συμπιεζόμενο αέριο ή ελατήριο να αντιδράσει και να αποφορτίσει το συμπιεσμένο ρευστό πίσω.

Ο συνηθέστερος τύπος συσσωρευτού είναι αυτός του αερίου. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό θάλαμο χωρισμένο σε δύο τμήματα : αυτόν του αερίου και αυτόν του υδραυλικού ρευστού. Το τμήμα του αερίου περιέχει ένα αδρανές αέριο, συνήθως ξηρό άζωτο. Οξυγόνο δεν χρησιμοποιείται ποτέ, λόγω της τάσεως του να αναμειγνύεται με το υδραυλικό έλαιο και να εκρήγνυται υπό πίεση. Ο συσσωρευτής αυτός προφορτίζεται από την πλευρά του αερίου, πριν φορτιστεί με ρευστό. Η πίεση φορτίσεως αερίου εξαρτάται από τα όρια της πίεσεως λειτουργίας του συστήματος και τον όγκο του ρευστού που χρειάζεται να αποθηκευτεί, ενώ όταν η πίεση μειώνεται, οι συσσωρευτές αδειάζουν μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης πίεσης (1), μέσα σε περίπου 20 δευτερόλεπτα.

Ο διακόπτης πίεσης (5) χρησιμοποιείται στη λογική ασφάλειας της καμπίνας ελέγχου έτσι ώστε να επεκτείνεται η γέφυρα πρόσβασης όταν η πίεση πέσει κάτω από τα 50 bar.

Η σερβοβαλβίδα (11) ανοίγει και κλείνει το υδραυλικό κύκλωμα προς τον έναν άξονα κίνησης ή προς τον άλλο. Οι βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης (14 ή 15) εκτονώνουν την πίεση μέσα στους άξονες κίνησης (κατόπιν εντολής) άμεσα, εξαιτίας της μηχανικής αδράνειας. Σαν αντιστάθμιση, μια ανεπίστροφη βαλβίδα χαμηλής πίεσης, η οποία είναι συνήθως κλειστή, ανοίγει για να αποτρέψει έντονους κραδασμούς. Μια βαλβίδα εκκένωσης, συνδεδεμένη με την σερβοβαλβίδα, ανοίγει σε περίπτωση σφάλματος ηλεκτρικής τροφοδοσίας και εκτρέπει τη ροή στο κύκλωμα επιστροφής που αναγκάζει τον εξομοιωτή να καθηλωθεί εξαιτίας της βαρύτητας.

Μια χειροκίνητη βαλβίδα εκτροπής (18) συνδέει το χαμηλότερο σημείο του άξονα κίνησης με το κύκλωμα επιστροφής για να χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις συντήρησης ώστε να αναγκάσει τον άξονα να καθηλωθεί.

Ανεπίστροφες βαλβίδες (19, 20) βρίσκονται στο κάτω μέρος κάθε άξονα κίνησης. Οι βαλβίδες είναι κανονικά κλειστές, αλλά ανοίγουν για να τροφοδοτήσουν με υδραυλικό υγρό το θάλαμο κίνησης όταν η κύρια τροφοδοσία είναι κλειστή από το πιστόνι, π.χ. σε περιπτώσεις απόλυτης επέκτασης. Όταν το πιστόνι κινείται, η κύρια τροφοδοσία ξανανοίγει και οι ανεπίστροφες βαλβίδες κλείνουν καθώς η πίεση εξισώνεται στις δύο πλευρές των βαλβίδων.

Ο αισθητήρας θέσης και ταχύτητας TEMPOSONIC (22) αποτελείται από ένα ηλεκτρονικό κουτί τοποθετημένο πάνω στον άξονα κίνησης μέσα στο οποίο υπάρχουν μία λεπτή μεταλλική ράβδος, μια κυλινδρική ράβδος, ένας πομποδέκτης με υπέρηχους και ένα μαγνητικό δαχτυλίδι που βιδώνεται πάνω στο τέλος του εμβόλου.

Το δαχτυλίδι κινείται με το έμβολο κατά μήκος του θαλάμου. Υπέρηχοι εκπέμπονται κατά μήκος του θαλάμου κίνησης και ανακλώνται πίσω από το μαγνητικό δαχτυλίδι στον πομποδέκτη και συνεπώς η θέση του εμβόλου υπολογίζεται από τον χρόνο που έκαναν τα κύματα να επιστρέψουν. Τα δεδομένα θέσης και ταχύτητας επεξεργάζονται από την κάρτα ΧΡΑΝΑΜΑ και παρέχονται στον κεντρικό υπολογιστή.

## ΚΑΜΠΙΝΑ ΚΙΝΗΣΗΣ (ΚΑΜΠΙΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ)

### Γενική περιγραφή

Ο κεντρικός υπολογιστής μαζί με την καμπίνα κίνησης ελέγχει τους άξονες κίνησης και παρέχει την κατάσταση του υδραυλικού εξοπλισμού.

### Έλεγχος αξόνων κίνησης

Ο έλεγχος της θέσης των αξόνων κίνησης πραγματοποιείται από τις κάρτες ΧΡΑΝΑΜΑ και ΧΜΑΣΡΑΝΕ. Η κάρτα ΧΡΑΝΑΜΑ συγκρίνει τη φυσική θέση του άξονα με τη θέση που περιγράφεται από ψηφιακά μοντέλα τα οποία βρίσκονται στην κάρτα, όταν το μοντέλο αντιδρά σε μια εντολή ελέγχου. Εάν οι θέσεις είναι διαφορετικές, η κάρτα ΧΡΑΝΑΜΑ board δίνει εντολή στον άξονα να κινηθεί σύμφωνα με την διαφορά, ενώ παράλληλα η κάρτα ΧΜΑΣΡΑΝΕ μετατρέπει τις εντολές σε σήματα για οδηγήσει τον άξονα.

Εάν η διαφορά μεταξύ του ψηφιακού μοντέλου και πραγματικής θέσης είναι μεγαλύτερη από μια προκαθορισμένη τιμή, η αλυσίδα ελέγχου του συστήματος κίνησης αντιδρά αποτρέποντας έτσι την κίνηση του άξονα έξω από τα όριά του. Στο σχήμα 9 συνοψίζονται τα διάφορα κομμάτια της ψηφιακής αλυσίδας ελέγχου του συστήματος κίνησης.

### Ασφάλεια του συστήματος κίνησης

Η υπολογιστική μονάδα ελέγχει συνέχεια τα υδραυλικά συστήματα και αντιδρά σε τυχόν λάθη, ενεργοποιώντας διάφορα προγράμματα ασφάλειας ανάλογα με το επίπεδο του σφάλματος. Τα προγράμματα ασφάλειας είναι αποθηκευμένα σε μνήμες EPROMS της κάρτας ΧΡΟCΕSS. Τα δύο επίπεδα σφαλμάτων είναι:

- (a) ΣΟΒΑΡΟ ΣΦΑΛΜΑ- Εάν εντοπιστεί σφάλμα το οποίο μπορεί να βλάψει την σωματική ακεραιότητα του προσωπικού, το σύστημα κίνησης καθλώνει το πιλοτήριο και ηχεί προειδοποιητική κόρνα. Παράλληλα επεκτείνεται η γέφυρα πρόσβασης και επιτρέπει στο πλήρωμα να εκκενώσει την καμπίνα εάν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Οι λόγοι της διακοπής της εκπαίδευσης απεικονίζονται στην οθόνη του GOLD και της καμπίνας κίνησης.
- (b) ΔΕΥΤΕΡΕΥΩΝ ΣΦΑΛΜΑ – Εάν εντοπιστεί σφάλμα το οποίο όμως δεν επηρεάζει την ασφάλεια του προσωπικού, ηχεί η προειδοποιητική κόρνα αλλά δεν απενεργοποιείται το σύστημα. Ο λόγος για το συναγερμό απεικονίζεται πάλι στις ίδιες οθόνες. Τα δευτερεύοντα σφάλματα είναι:
  - i) Φραγμένα φίλτρα πίεσης (6 φίλτρα αξόνων, 3 φίλτρα ΗΡU , 1 φίλτρο του συστήματος ελέγχου χειριστηρίων αεροσκάφους).
  - ii) Στάθμη υδραυλικού υγρού κάτω από το ελάχιστο όριο +10 cm.
  - iii) Θερμοκρασία υδραυλικού υγρού μεγαλύτερη από 60 °C.

### ΚΑΝΟΝΙΚΗ λειτουργία

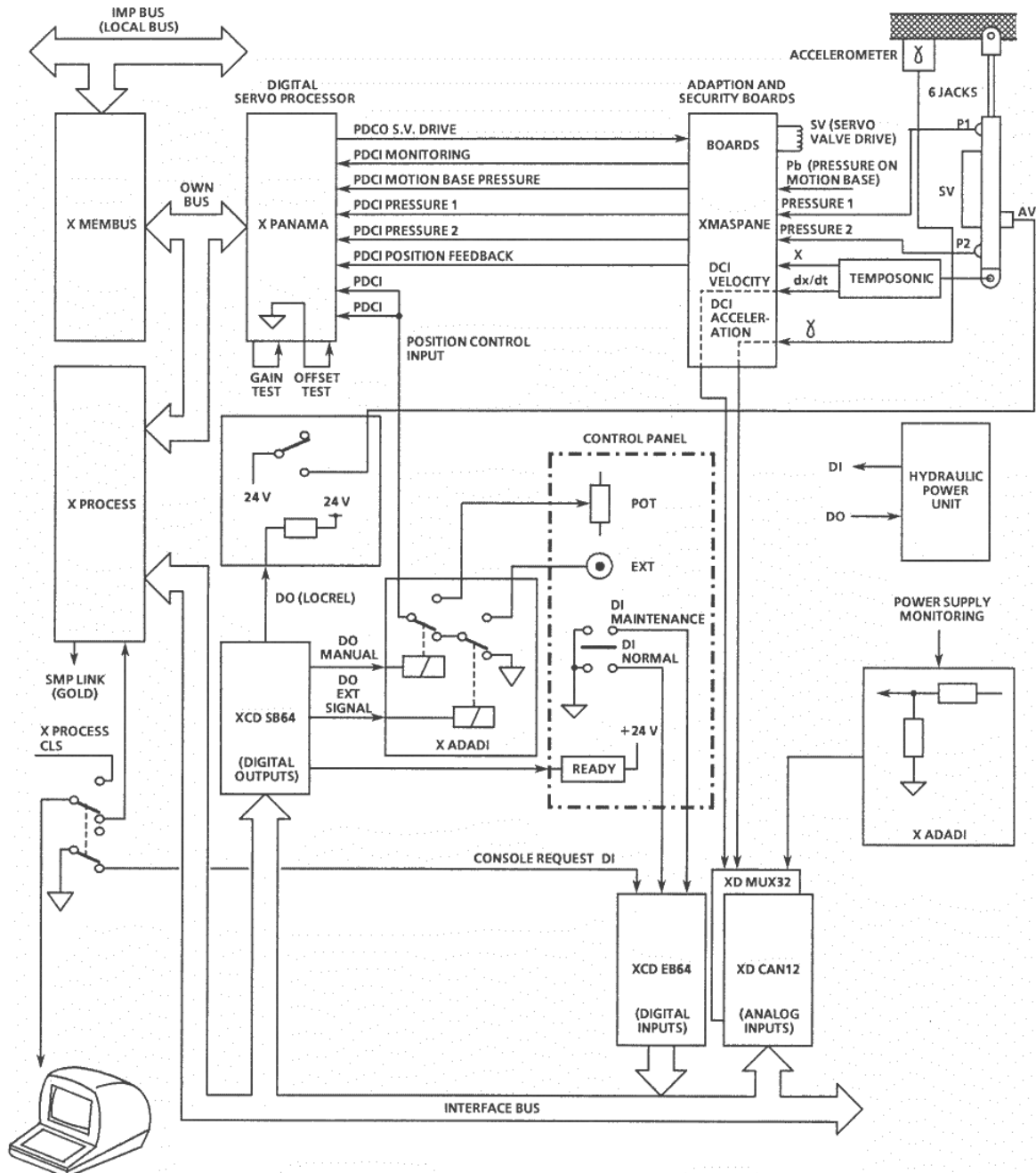
Κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας οι εντολές περνούν μέσα από την ψηφιακή κάρτα εισόδου ΧCΔ ΕΒ64 για να φτάσουν μέσω του διαύλου στην υπολογιστική κάρτα Χ ΡΟCΕSS. Μετά από επεξεργασία η Χ ΡΟCΕSS στέλνει τα δεδομένα στην κάρτα σέρβο Χ ΡΑΝΑΜΑ μέσω του διαύλου επεξεργασίας και δίνεται έτσι η δυνατότητα στον κεντρικό υπολογιστή να ελέγξει τους άξονες κίνησης.

Οι αναλογικές τιμές ελέγχου των 6 σερβοβαλβίδων που προκύπτουν από την Χ ΡΑΝΑΜΑ (από τιμές που δίνονται από τον κεντρικό υπολογιστή) τροφοδοτούν την κάρτα ΧΜΑΣΡΑΝΕ και τα συστήματα ασφάλειας των αξόνων κίνησης.

Τα δεδομένα θέσης και πίεσης που στέλνονται από τον άξονα συγκρίνονται με τα αποτελέσματα των ψηφιακών μοντέλων της κάρτας X PANAMA.

Διάφορα δεδομένα (ταχύτητας και θέσης που προέρχονται από την XMASPANE, ελέγχους τροφοδοτικών, κλπ) τροφοδοτούν την X PROCESS μέσω των DCI καρτών (XD MUX32 and XD CAN 12) ή των καρτών DI (Digital Input) (π.χ. XCD EB64).

Ανάλογα με τα αποτελέσματα, η κάρτα X PROCESS στέλνει μηνύματα στην κονσόλα μέσω σύνδεσης RS232.

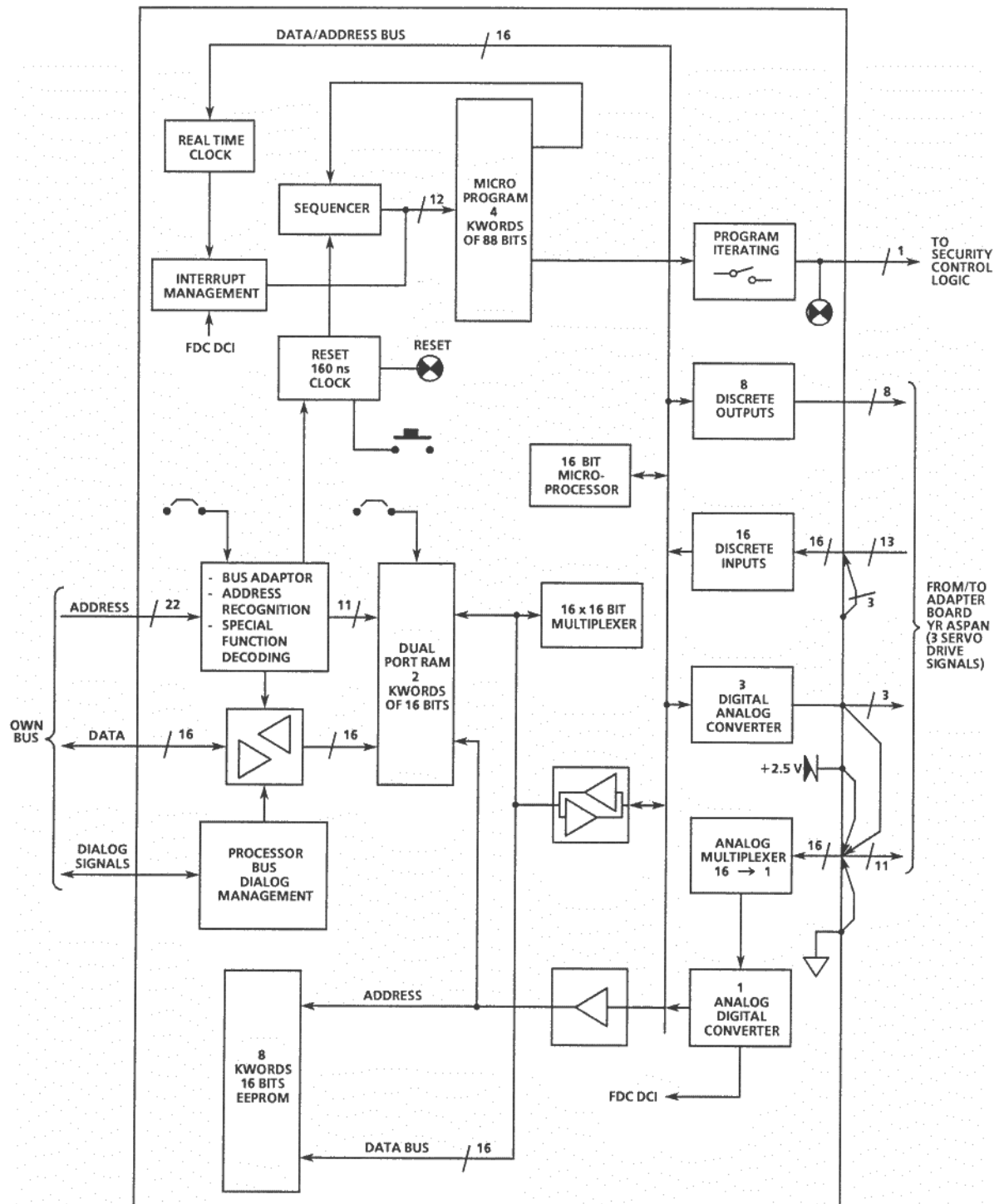


Σχήμα 48. Μπλοκ διάγραμμα ροής NM6X

### Κάρτα X PANAMA

Η κάρτα X PANAMA (μία κάρτα για κάθε τρεις άξονες κίνησης) παράγει τα σήματα ελέγχου των σερβοβαλβίδων σύμφωνα με τιμές που δίνονται από τον κεντρικό

υπολογιστή. Οι τιμές αυτές υπολογίζονται από τα δεδομένα θέσης και πίεσης των αξόνων καθώς και από τιμές πίεσης της βάση του συστήματος κίνησης. Επιπλέον, η κάρτα X PANAMA εκτελεί μια μόνιμη σύγκριση μεταξύ της τιμής της φυσικής θέσης και της τιμής που υπολογίζεται από ένα ψηφιακό μοντέλο, αντιδρώντας σε μια εντολή ελέγχου. Εάν η διαφορά είναι υψηλότερη από μια προκαθορισμένη τιμή, η κάρτα X PANAMA ενημερώνει την X PROCESS η οποία σταματάει το σύστημα σέρβο.



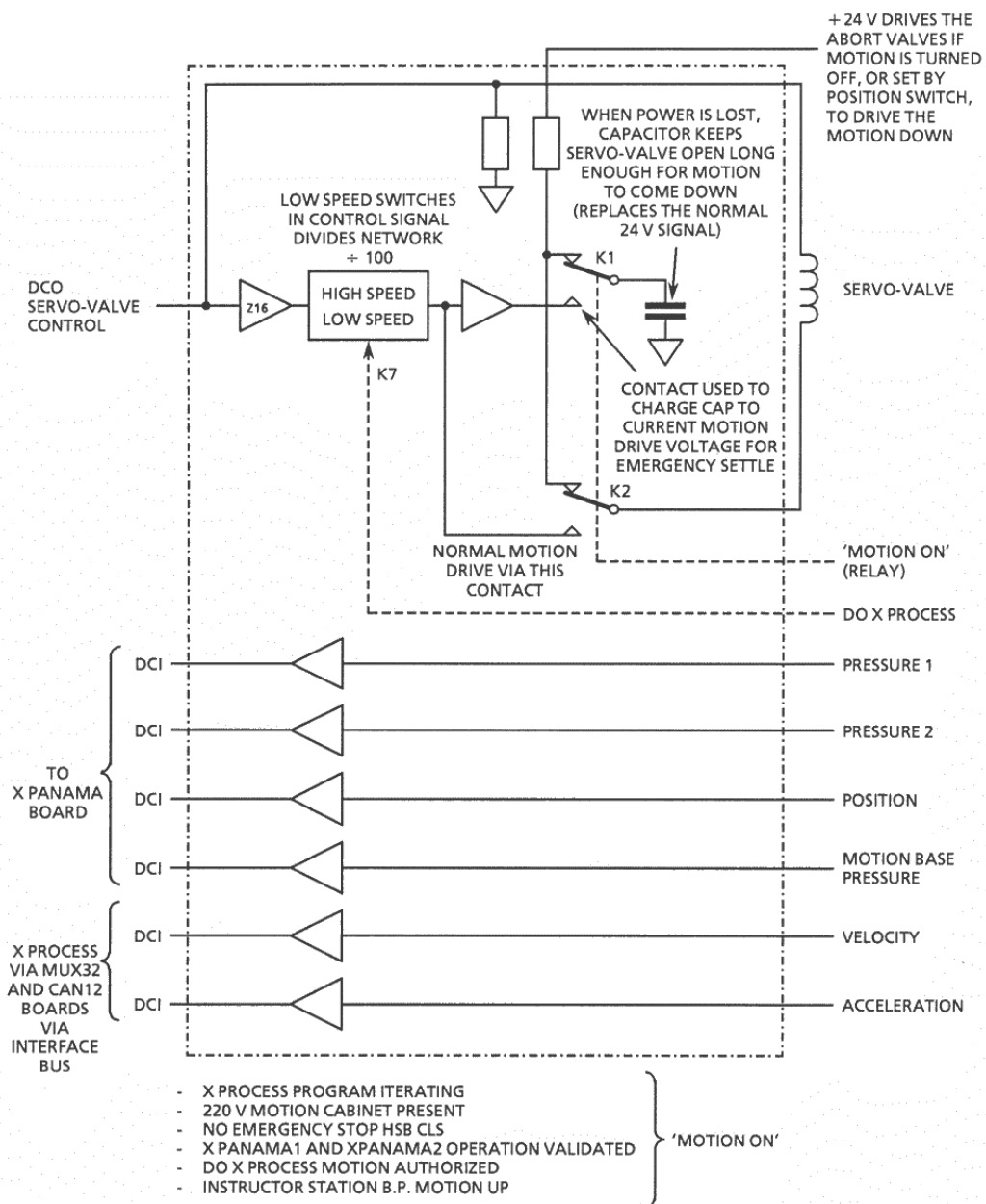
Σχήμα 49. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X PANAMA

**Κάρτα X MASPANE**

Οι εντολές ελέγχου προερχόμενες από την κάρτα X PANAMA περνούν από ένα μετατροπέα τάσης σε ρεύμα (Z16) με σκοπό να ελέγξουν τις σερβοβαλβίδες. Η έξοδος του μετατροπέα αυτού δίνει ένα όριο στην μέγιστη ταχύτητα κίνησης του άξονα.

Το ρελαί "High/Low Speed" (K7) παρέχει μια επιλογή μεταξύ δύο περιορισμένων τιμών. Η λειτουργία του καθορίζεται από την κάρτα X PROCESS ανάλογα με τις συνθήκες ασφάλειας.

Τα ρελαί K1 και K2, τα οποία λειτουργούν κάτω από την λογική ασφάλειας, επιτρέπουν στην σερβοβαλβίδα να επικοινωνήσει, είτε με το ρελαί K7 είτε με ένα πυκνωτή. Λόγω της αργής εκφόρτισης του πυκνωτή η πλατφόρμα καθλώνεται με αργή-ομαλή κίνηση.



**Σχήμα 50. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας X MASPANE**

### **ΛΟΓΙΚΕΣ ΑΛΥΣΙΔΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ**

Η ασφάλεια ολόκληρου του συστήματος κίνησης βασίζεται στην επίλυση λογικών εξισώσεων από την κάρτα X PROCESS.

Αυτές οι εξισώσεις αναπαριστώνται σαν διαγράμματα ροής, τα οποία μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες.

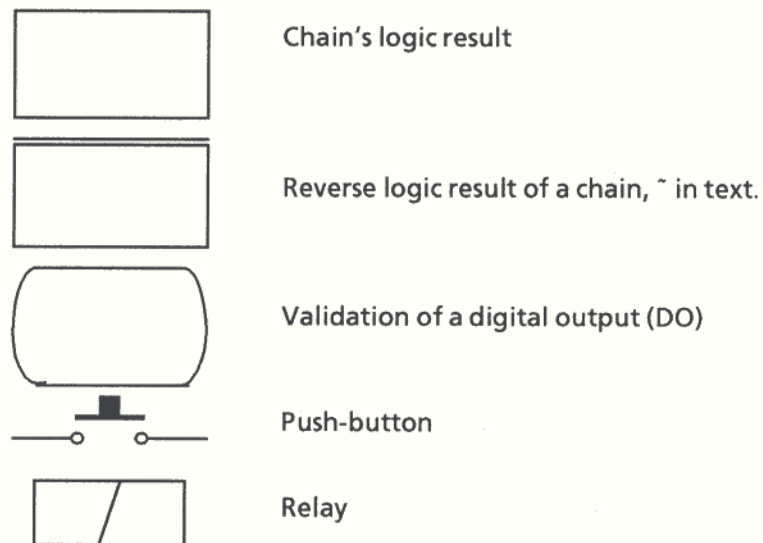
#### (a) **Λογική ελέγχου αντλιών**

ΣΧΗΜΑ 51 ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΛΟΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΨΥΞΗΣ

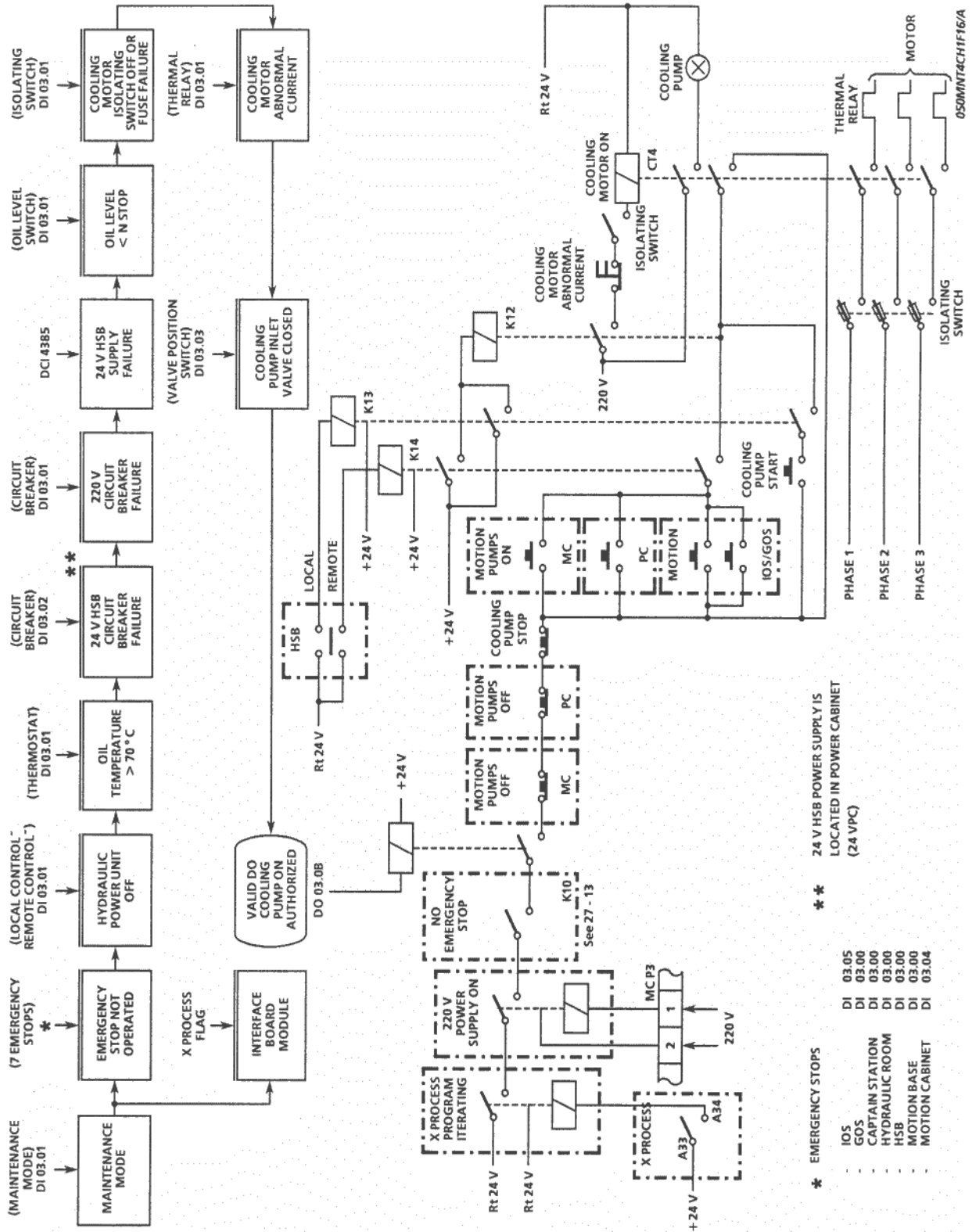
ΣΧΗΜΑ 52 ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΛΟΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ 1

ΣΧΗΜΑ 53 ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΛΟΓΙΚΗΣ ΓΙΑ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ 2

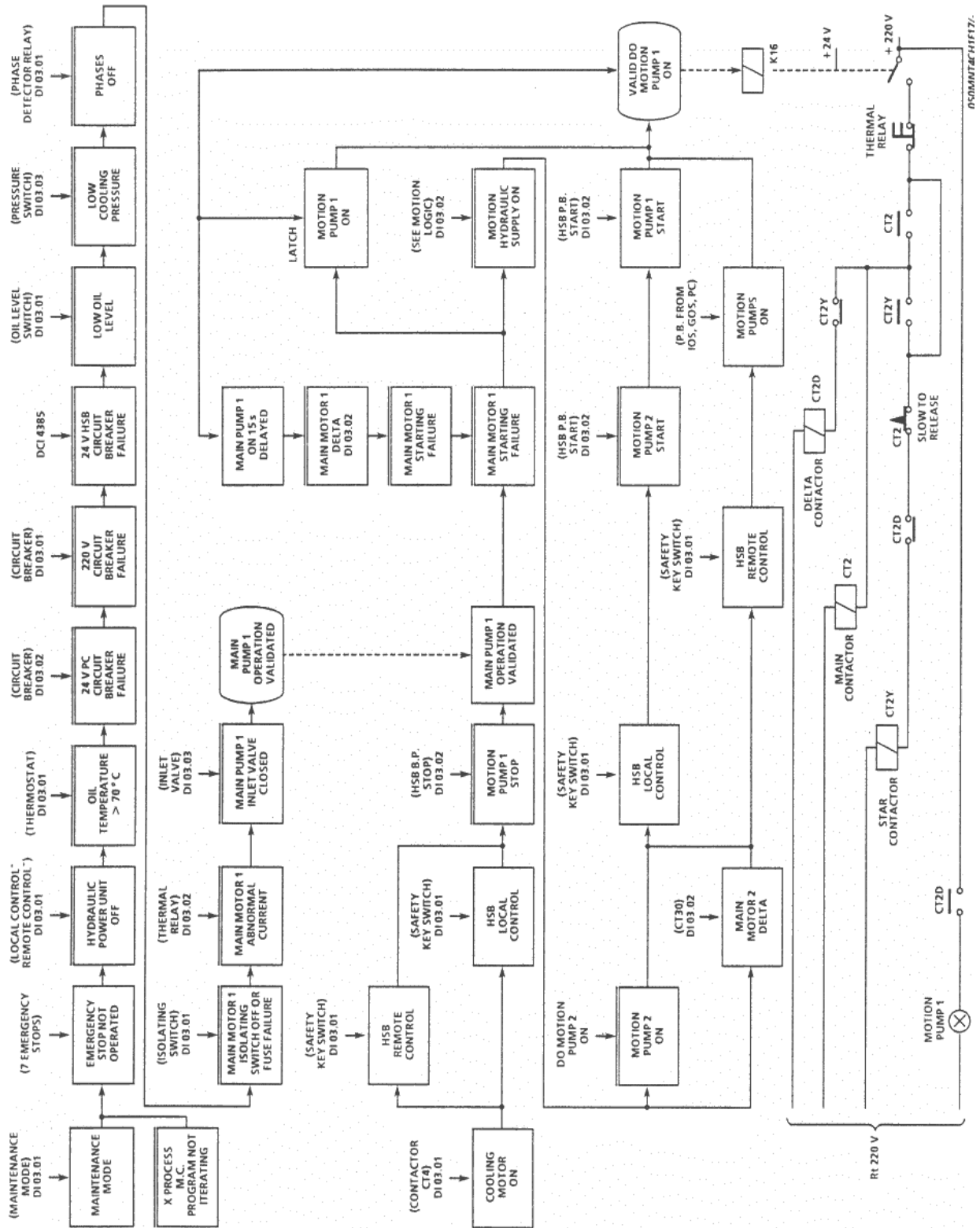
#### **Σύμβολα που χρησιμοποιούνται**



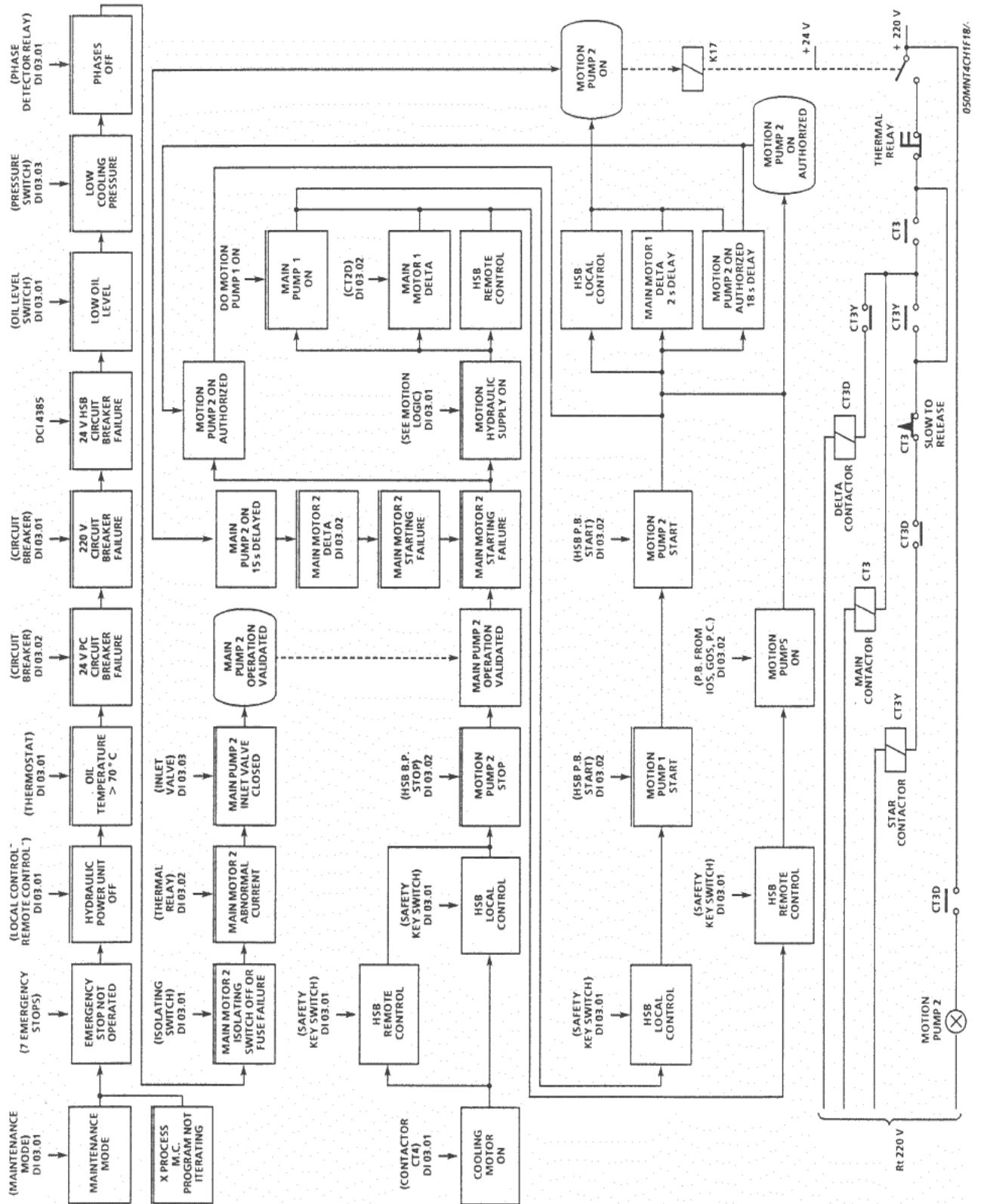




Σχήμα 51. Ακολουθία λογικής για έναρξη της αντλίας ψύξης



Σχήμα 52. Ακολουθία λογικής για έναρξη της αντλίας 1



Σχήμα 53. Ακολουθία λογικής για έναρξη της αντλίας 2

## Κεφάλαιο 2.2

### ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (HPU)

#### ΓΕΝΙΚΑ

#### ΣΚΟΠΟΣ

Η μονάδα υδραυλικής ισχύος (HPU) είναι σχεδιασμένη για να παρέχει στα υδραυλικά κυκλώματα σταθερή πίεση και ροή υδραυλικού υγρού, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χειριστή του εξομοιωτή πτήσεων.

#### ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η μονάδα υδραυλικής ισχύος (σχήμα 54) περιλαμβάνει:

- Μία δεξαμενή συνδεδεμένη με τρία υδραυλικά κυκλώματα.
- Ένα κύριο κύκλωμα σχεδιασμένο να τροφοδοτεί με υδραυλικό υγρό το σύστημα κίνησης, το οποίο αποτελείται από δύο όμοιες ηλεκτροκίνητες αντλίες συνδεδεμένες παράλληλα.
- Ένα δευτερεύων κύκλωμα σχεδιασμένο για να τροφοδοτεί το σύστημα ελέγχου των χειριστηρίων του αεροσκάφους (CLS) καθώς και την γέφυρα πρόσβασης.
- Ένα υδραυλικό κύκλωμα ψύξης και φιλτραρίσματος.
- Ένα κύκλωμα ψύξης νερού.
- Ένα κιβώτιο εκκίνησης των υδραυλικών συστημάτων (HSB), το οποίο περιλαμβάνει διάφορα ηλεκτρικά εξαρτήματα ελέγχου και οδήγησης των ηλεκτρικών μοτέρ.

#### ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ

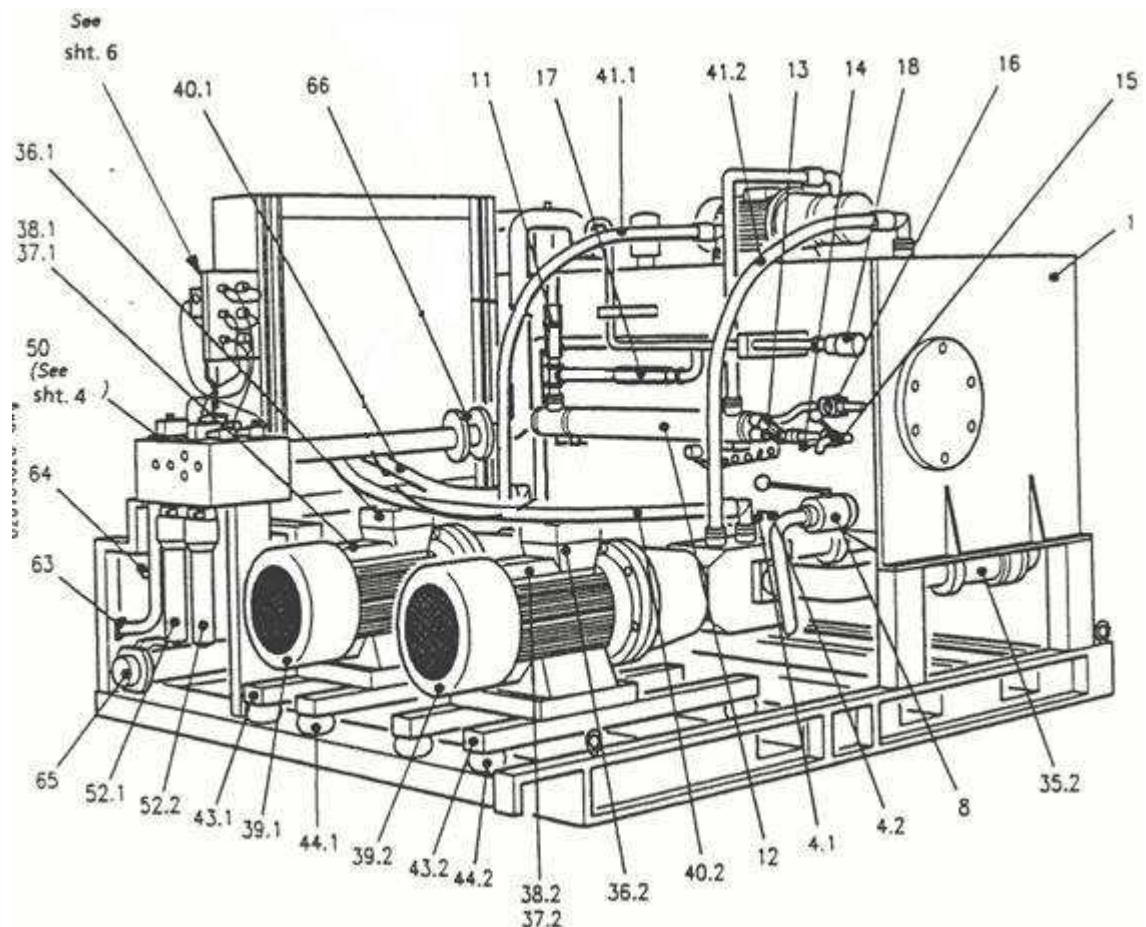
Η δεξαμενή του υδραυλικού υγρού αποτελείται από :

- Μία δεξαμενή 1500 lt (1) με τις σωληνώσεις τροφοδοσίας και επιστροφής των υδραυλικών κυκλωμάτων.
- Έναν οπτικό μετρητή στάθμης με θερμόμετρο (2).
- Έναν οπτικό μετρητή στάθμης χωρίς θερμόμετρο (3).
- Δύο μαγνητικές τάπες (4.1 και 4.2)
- Ένα φίλτρο αέρα (5).
- Έναν αισθητήρα χαμηλής στάθμης (6.1).
- Έναν αισθητήρα πολύ χαμηλής στάθμης(ακινητοποίηση) (6.2).
- Μια βάνα αποχέτευσης (8).
- Ένα κύκλωμα ψύξης και φιλτραρίσματος (9).
- Ένα στόμιο για πλήρωση υδραυλικού υγρού (10).
- Δύο βαλβίδες διεξόδου για το κύκλωμα επιστροφής (70,71).

## ΚΥΡΙΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Το κύριο κύκλωμα αποτελείται από:

- Δύο βαλβίδες απομόνωσης με ηλεκτρικές επαφές (34.1 και 34.2).
- Δύο εύκαμπτες συνδέσεις (35.1 και 35.2).
- Δύο αντλίες (36.1 και 36.2) συνδεδεμένες με ημιελαστικές συνδέσεις (37.1 και 37.2) στους ηλεκτρικούς κινητήρες (39.1 και 39.2) και δύο φίλτρα (38.1 και 38.2).
- Τέσσερις εύκαμπτες σωλήνες (παροχές αντλιών και επιστροφές)(40.1,40.2,41.1 και 41.2).
- Δύο ανεπίστροφες βαλβίδες (51.1 και 51.2).
- Δύο βάσεις για τους ηλεκτρικούς κινητήρες (43.1 και 43.2) στηριζόμενες πάνω σε αντικραδασμικά συστήματα (44.1 και 44.2)
- Δύο φίλτρα υψηλής πίεσης (52.1 και 52.2).
- Ένα ρυθμιστή πίεσης με μια ηλεκτροβαλβίδα παράκαμψης (54).
- Ένα πρεσοστάτη (55.1).
- Μία βάνα με ηλεκτρικό διακόπτη (58).
- Μία έξοδο δειγματοληψίας (64).
- Ένα μετρητή πίεσης 0/250-bar συνδεδεμένο με μια εύκαμπτη σωλήνα και μια βαλβίδα απομόνωσης ( 49.1,48.1)



Σχήμα 54. Μονάδα υδραυλικής ισχύος (HPU)

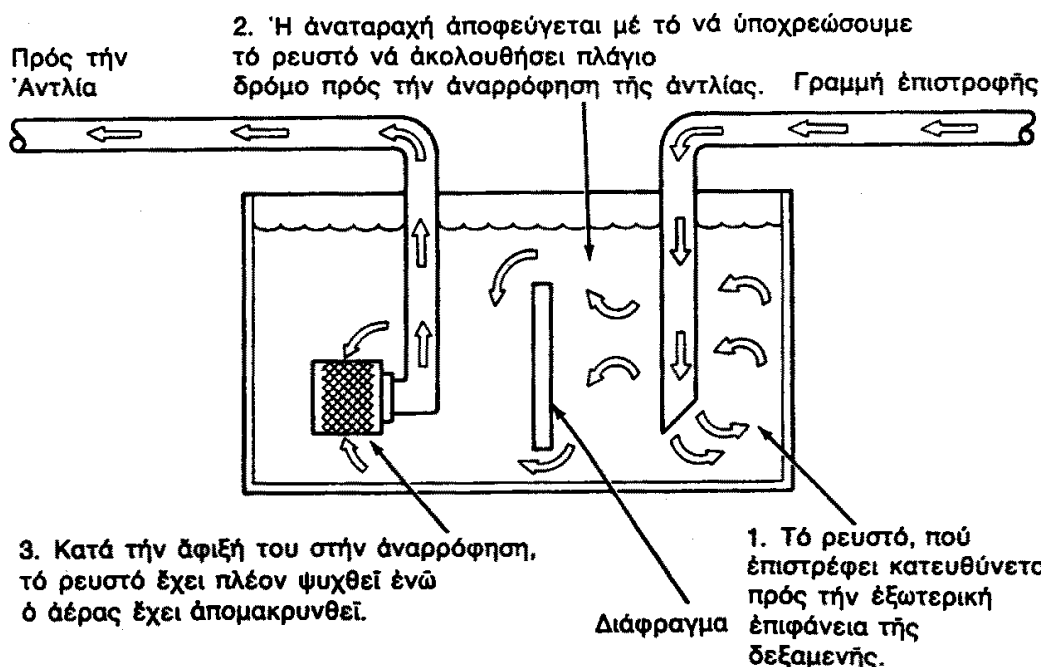
Η δεξαμενή δεν είναι μόνο ένας χώρος αποθηκείσεως του υδραυλικού ρευστού. Είναι και ένας χώρος όπου το ρευστό ψύχεται και όπου ξένα σωματίδια και ρύποι είναι δυνατόν να απομακρυνθούν. Η δεξαμενή αποτελεί επίσης ένα χώρο συστολής και διαστολής της μάζας του ρευστού.

Η δεξαμενή κατασκευάζεται από φύλλα χάλυβα που συγκολλούνται κατάλληλα. Ολόκληρη η δεξαμενή πρέπει να επιχρισθεί με κατάλληλη βαφή που δεν αλλοιώνεται με την επαφή του ρευστού, ώστε να αποφευχθούν οι σκωριάσεις.

Η δεξαμενή είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να επιτρέπει εργασίες συντηρήσεως. Το πάτωμα της έχει μία κλίση και διαθέτει ένα πώμα απορροής, ώστε η δεξαμενή να μπορεί να αδειάσει πλήρως με ευκολία. Δύο πλάγια καλύμματα είναι έτσι κατασκευασμένα, ώστε να μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν για να αποκαλύψουν το εσωτερικό της δεξαμενής για καθαρισμό.

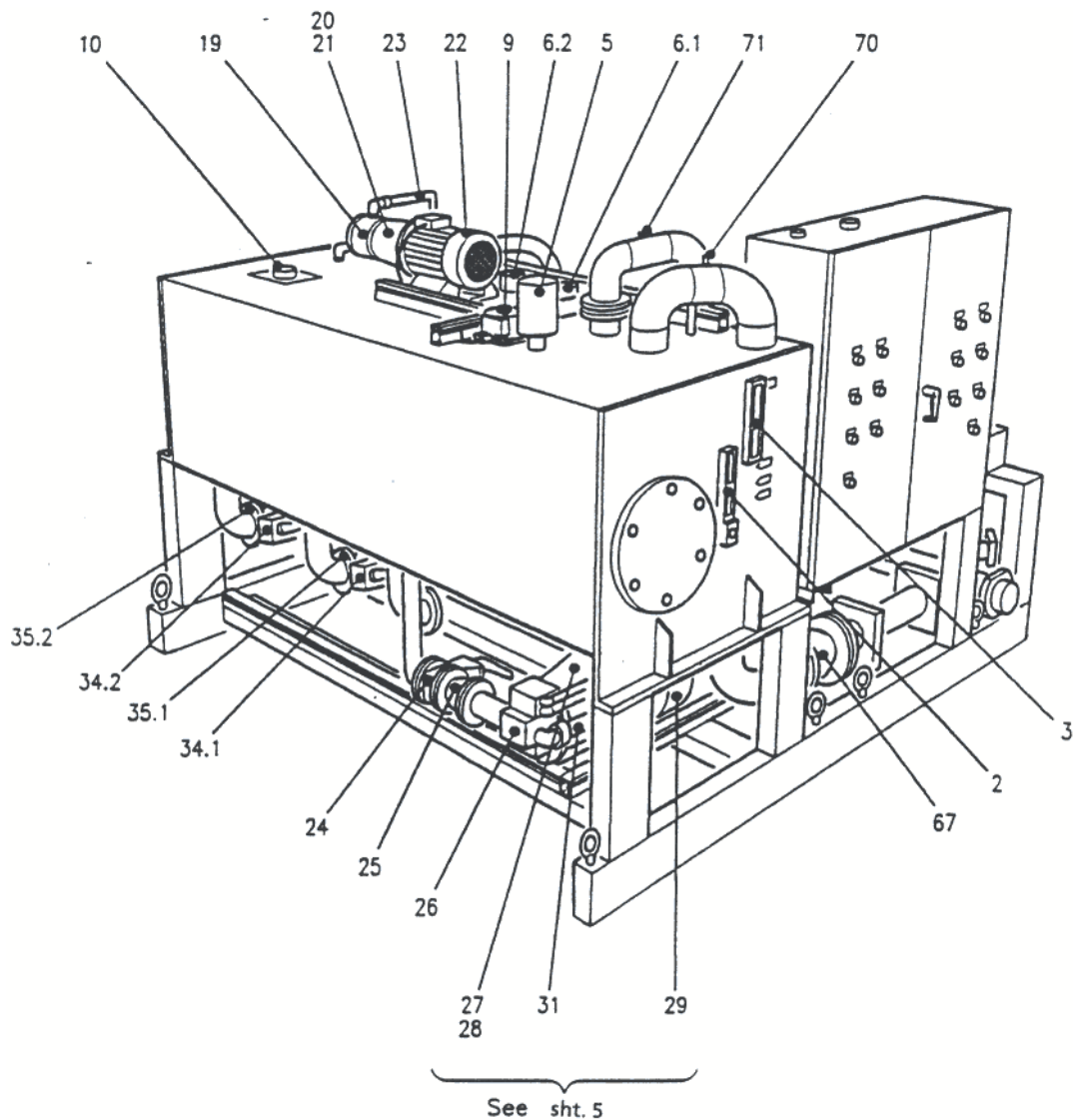
Ένα διάφραγμα εκτείνεται κατά μήκος της δεξαμενής (σχήμα 55). Καλύπτει συνήθως τα 2/3 του ύψους που φτάνει το ρευστό και ο σκοπός του είναι να διαχωρίζει την περιοχή απορροφίσεως της αντλίας από την περιοχή καταλήψεως. Ο διαχωρισμός αυτός υποχρεώνει το ρευστό να κυκλοφορήσει εφαπτόμενο στις παράπλευρες επιφάνειες της δεξαμενής. Με την διάταξη αυτή, ξένα σωματίδια και αέρας είναι δύσκολο να αναρροφηθούν πάλι από την αντλία και επί πλέον, η δεξαμενή δρα αποτελεσματικά ως ψύκτης του ρευστού.

Όλες οι γραμμές που καταλήγουν στην δεξαμενή είναι απομονωμένες στο σημείο εισόδου με φλάντζες, ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα εισόδου ρύπων στην δεξαμενή. Η αναρρόφηση της αντλίας και οι γραμμές επιστροφής πρέπει να τελειώνουν πολύ κάτω από την στάθμη του ρευστού. Σε αντίθετη περίπτωση το ρευστό θα αναμιχθεί με αέρα.

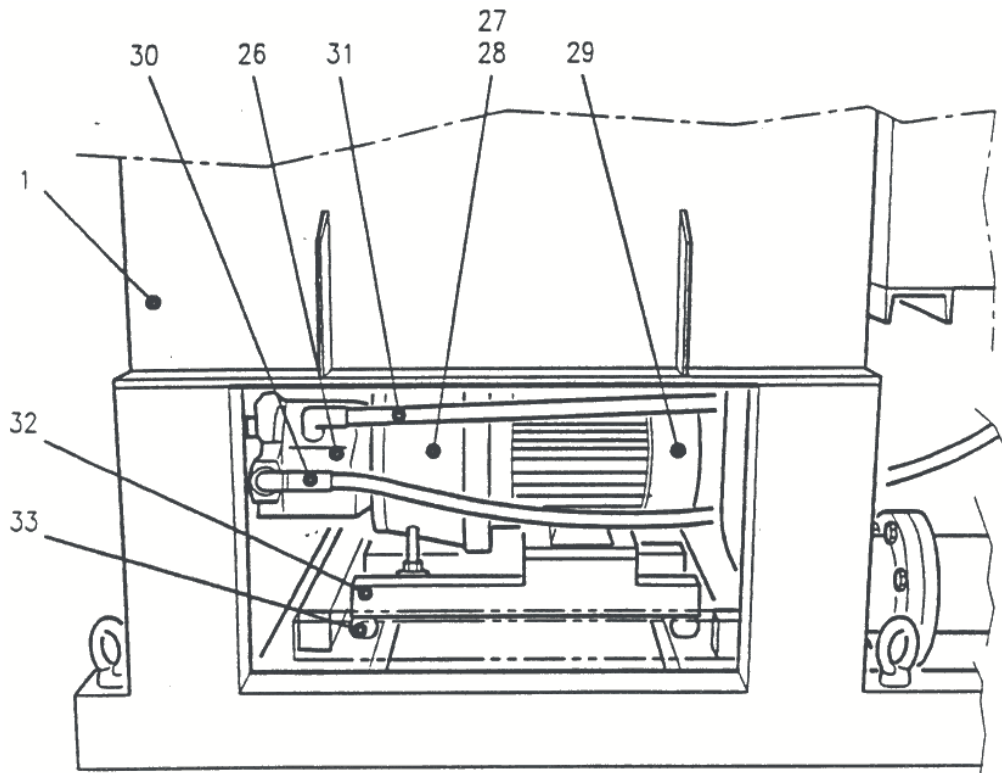


Σχήμα 55. Εσωτερικό δεξαμενής

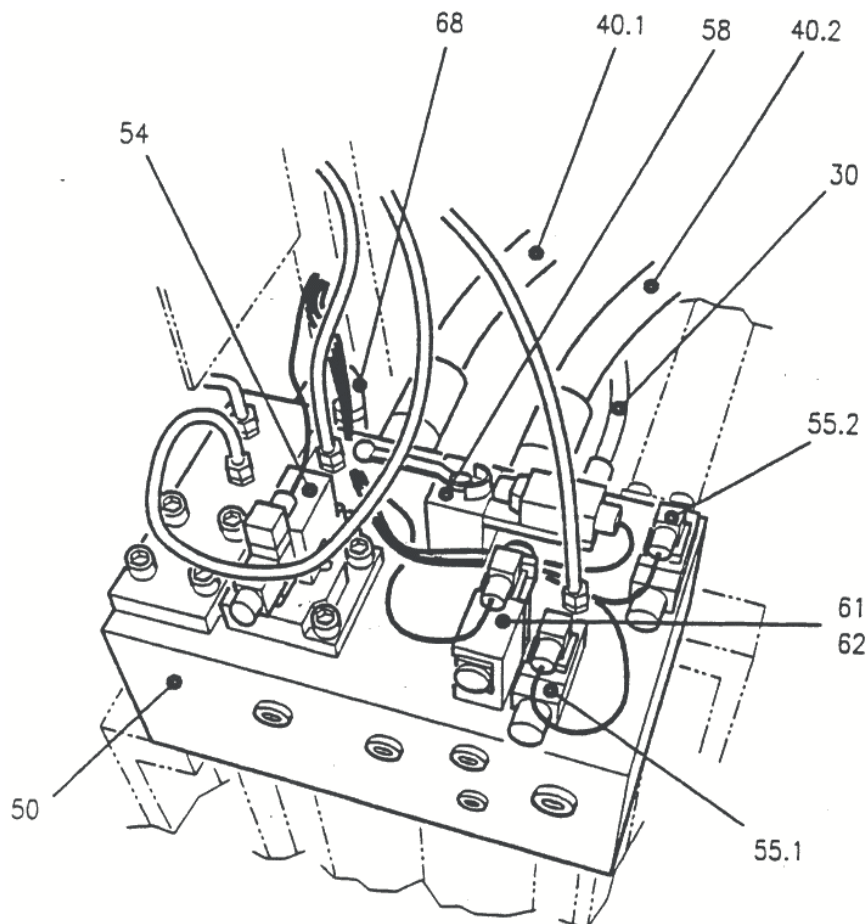
Η καθαριότητα του ρευστού έχει μεγάλη σπουδαιότητα για την διάρκεια ζωής των υδραυλικών αντλιών και βαλβίδων. Ξένα σωματίδια που μπορούν να είναι τόσο ελάχιστα, ώστε οι διάμετροι τους να είναι 2 έως 25 μικρά, έχουν καταστρεπτικά αποτελέσματα στην αντλία και σε πολλές βαλβίδες και επιταχύνουν την καταστροφή των υδραυλικών ορκετλαίων. Η καθαριότητα του ρευστού εξασφαλίζεται με φίλτρα.



Σχήμα 56. Μονάδα υδραυλικής ισχύος (HPU) (πίσω όψη)



Σχήμα 57. Μονάδα υδραυλικής ισχύος (σύστημα CLS)



Σχήμα 58. Μέρος μονάδας υδραυλικής ισχύος



## ΔΕΥΤΕΡΕΥΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

Το δευτερεύων κύκλωμα αποτελείται από:

- Μία βαλβίδα απομόνωσης με μια ηλεκτρική επαφή (24).
- Μία εύκαμπτη σύνδεση σωληνώσεων (25).
- Μία αντλία (26) συνδεδεμένη με ημιελαστική σύνδεση (27) στον ηλεκτρικό κινητήρα (29) και ένα φίλτρο (28).
- Δύο εύκαμπτες σωλήνες (παροχή αντλίας και επιστροφή) (30 και 31).
- Μία βάση για τον ηλεκτρικό κινητήρα (32) στηριζόμενη πάνω σε αντικραδασμικά συστήματα (33).
- Μία ανεπίστροφη βαλβίδα (59).
- Ένα ρυθμιστή πίεσης (61).
- Ένα διανομέα (62).
- Ένα μετρητή πίεσης 0/250-bar συνδεδεμένο με μια εύκαμπτη σωλήνα και μια βαλβίδα απομόνωσης ( 49.2, 48.2).
- Ένα πρεσοστάτη (55.2).

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ

Το κύκλωμα ψύξης και φιλτραρίσματος αποτελείται:

- Μια αντλία (19) συνδεδεμένη με ημιελαστική σύνδεση (20) στον ηλεκτρικό κινητήρα (22) και ένα φίλτρο (21).
- Μία εύκαμπτη σωλήνα (παροχή αντλίας) (23).
- Μία ρυθμιζόμενη βαλβίδα ελέγχου (17).
- Ένα πρεσοστάτη (56).
- Ένα μετρητή πίεσης 0/16-bar συνδεδεμένο με μια εύκαμπτη σωλήνα και μια βαλβίδα απομόνωσης (46,49.3, 48.3).
- Ένα εναλλάκτη θερμότητας συνδεδεμένο με το κύκλωμα παροχής νερού (12).
- Ένα κύκλωμα γεμίσματος της δεξαμενής (18).
- Μία ανεπίστροφη βαλβίδα (11) η οποία δημιουργεί πίεση στο κύκλωμα.

## ΚΥΚΛΩΜΑ ΨΥΞΗΣ ΝΕΡΟΥ

Το κύκλωμα ψύξης νερού αποτελείται από:

- Τον παραπάνω εναλλάκτη θερμότητας (12).
- Μια θερμοστατική βαλβίδα (13).
- Ένα φίλτρο (14).
- Ένα ενδείκτη για την ροή νερού (16).
- Μια βαλβίδα (15).

**ΚΙΒΩΤΙΟ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**Μπροστινό πάνελ

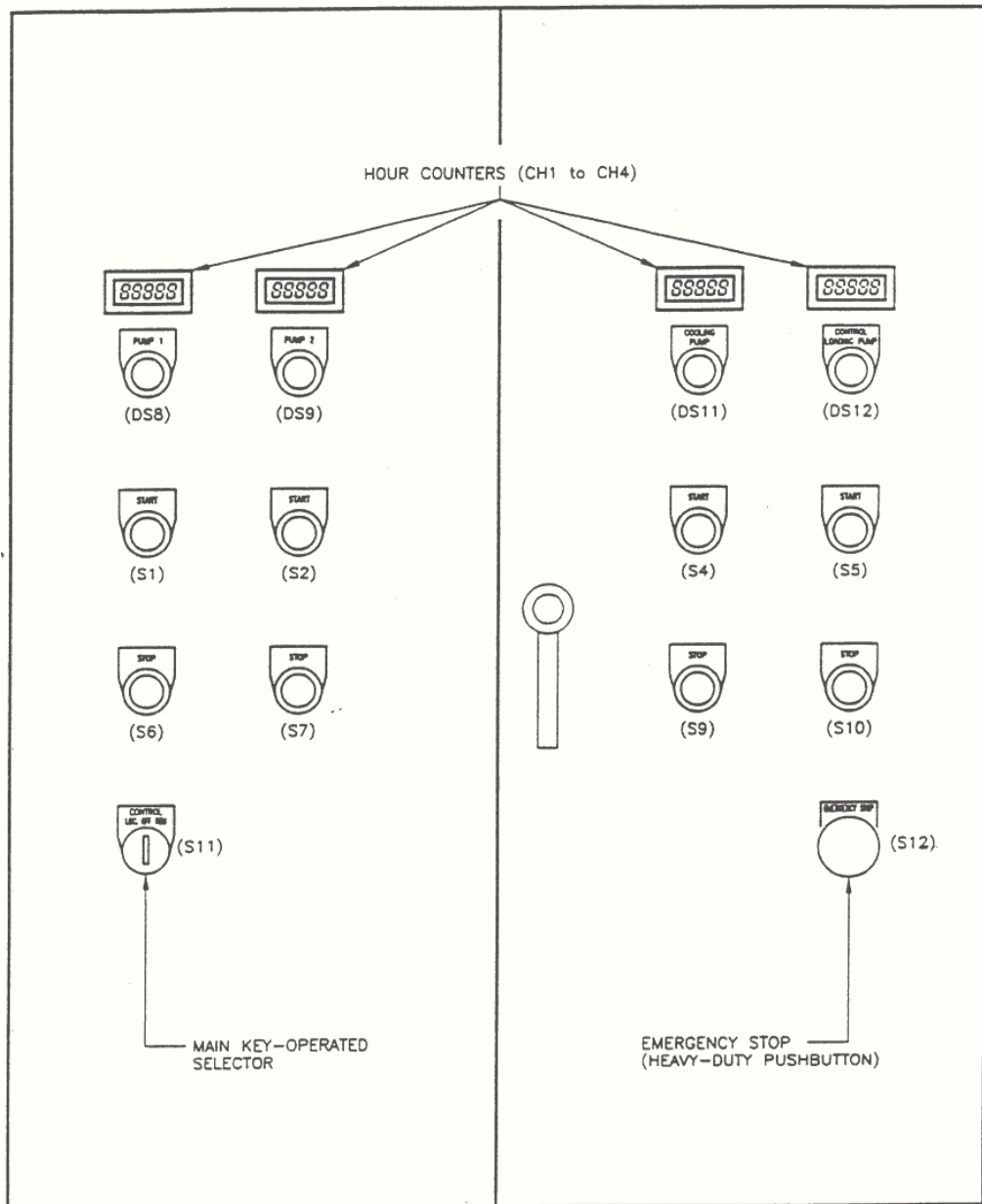
Το μπροστινό πάνελ του κιβωτίου περιλαμβάνει:

- i) Δύο ωρομετρητές για τις κύριες αντλίες (CH1 and CH2)(motion).
- ii) Έναν ωρομετρητή για την δευτερεύουσα αντλία (CH3)(CLS).
- iii) Έναν ωρομετρητή για την αντλία του κυκλώματος ψύξης(CH4).
- iv) Τέσσερις ενδεικτικούς λαμπτήρες λειτουργίας (DS8, DS9, DS11 και DS12).
- v) Τέσσερις διακόπτες ενεργοποίησης των κινητήρων (S1, S2, S4 και S5).
- vi) Τέσσερις διακόπτες απενεργοποίησης των κινητήρων (S6, S7, S9 και S10).
- vii) Ένα διακόπτη έκτακτης ανάγκης (S12).
- viii) Ένα διακόπτη επιλογής λειτουργίας (S11).

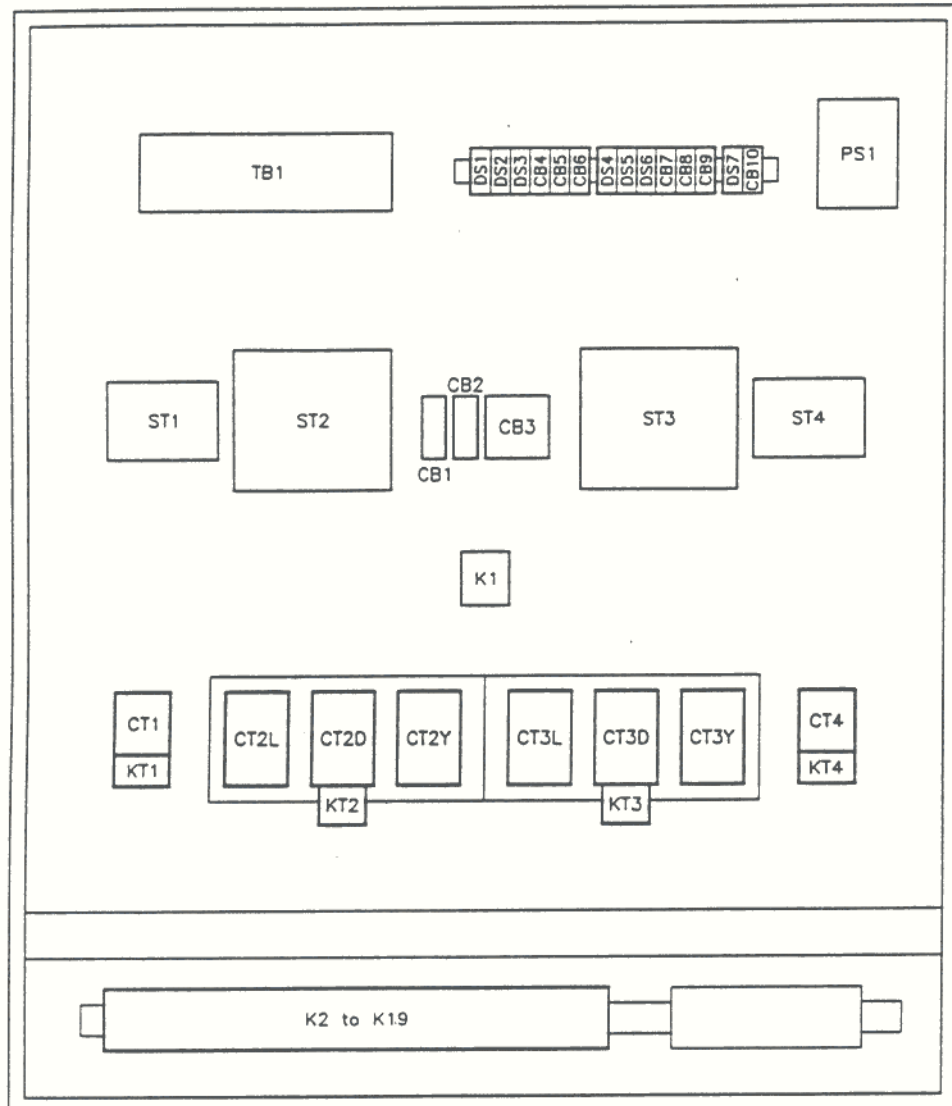
Περιεχόμενα κιβωτίου εκκινήσεως

- i) Ένα τροφοδοτικό 24 V ,
- ii) Μία ασφάλεια (220 V circuits) (CB1).
- iii) Μία ασφάλεια (24 V circuits) (CB2).
- iv) Ένα ρελαί προστασίας (K1) (CB3).
- v) Ένα ρελαί (K1) (επιτηρητής φάσεων) (K1).
- vi) Για τον ηλεκτρικό κινητήρα του κύριου κυκλώματος:
  - a) Μία ασφάλεια 16 A (ST1).
  - b) Μία ηλεκτρική επαφή (CT1).
  - c) Ένα θερμικό ρελαί 11.5 (KT1).
  - d) Ενδεικτικά τριών φάσεων (DS1, DS2 και DS3) με ασφάλειες CB4, 5,6(3A).
- vii) Για το κύκλωμα ελέγχου του ηλεκτρικού κινητήρα 1:
  - a) Μία ασφάλεια 100 A (ST2).
  - b) Μία κύρια επαφή (με χρονοκαθυστέρηση) (CT2(L)).
  - c) Ένα ρελαί σε συνδεσμολογία τριγώνου (CT2D).
  - d) Ένα ρελαί σε συνδεσμολογία αστέρα (CT2Y).
  - e) Ένα θερμικό ρελαί 49 A (KT2).

- f) Ενδεικτικά τριών φάσεων (DS4, DS5,DS6) με ασφάλειες CB7, 8, 9(3A).
- vii) Για το κύκλωμα ελέγχου του ηλεκτρικού κινητήρα 1:
- g) Μία ασφάλεια 100 A (ST2).
  - h) Μία κύρια επαφή (με χρονοκαθυστέρηση) (CT2(L)).
  - i) Ένα ρελαί σε συνδεσμολογία τριγώνου (CT2D).
  - j) Ένα ρελαί σε συνδεσμολογία αστέρα (CT2Y).
  - k) Ένα θερμικό ρελαί 49 A (KT2).
  - l) Ενδεικτικά τριών φάσεων (DS4, DS5, και DS6) με ασφάλειες CB7, 8, 9 (3A).
- viii) Για το κύκλωμα ελέγχου του ηλεκτρικού κινητήρα 2:
- a) Μία ασφάλεια 100 A (ST3).
  - b) Μία κύρια επαφή (με χρονοκαθυστέρηση) (CT3(L)).
  - c) Ένα ρελαί σε συνδεσμολογία τριγώνου (CT3D).
  - d) Ένα ρελαί σε συνδεσμολογία αστέρα (CT3Y).
  - e) Ένα θερμικό ρελαί 49 A (KT3).
- ix) Για τον έλεγχο του ηλεκτρικού κινητήρα του κυκλώματος ψύξης και φιλτραρίσματος:
- a) Μία ασφάλεια 8A (ST4).
  - b) Μία επαφή (CT4).
  - c) Ένα θερμικό ρελαί 5 A (KT4).
  - d) Δεκαοχτώ 24 V ρελαί (K2 έως K19).
  - e) Ένα ενδεικτικό φάσης 220 V.



Σχήμα 59. Κιβώτιο εκκίνησης υδραυλικών συστημάτων (μπροστινό πάνελ)



Σχήμα 60. Περιεχόμενα κιβωτίου εκκίνησης υδραυλικών συστημάτων

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

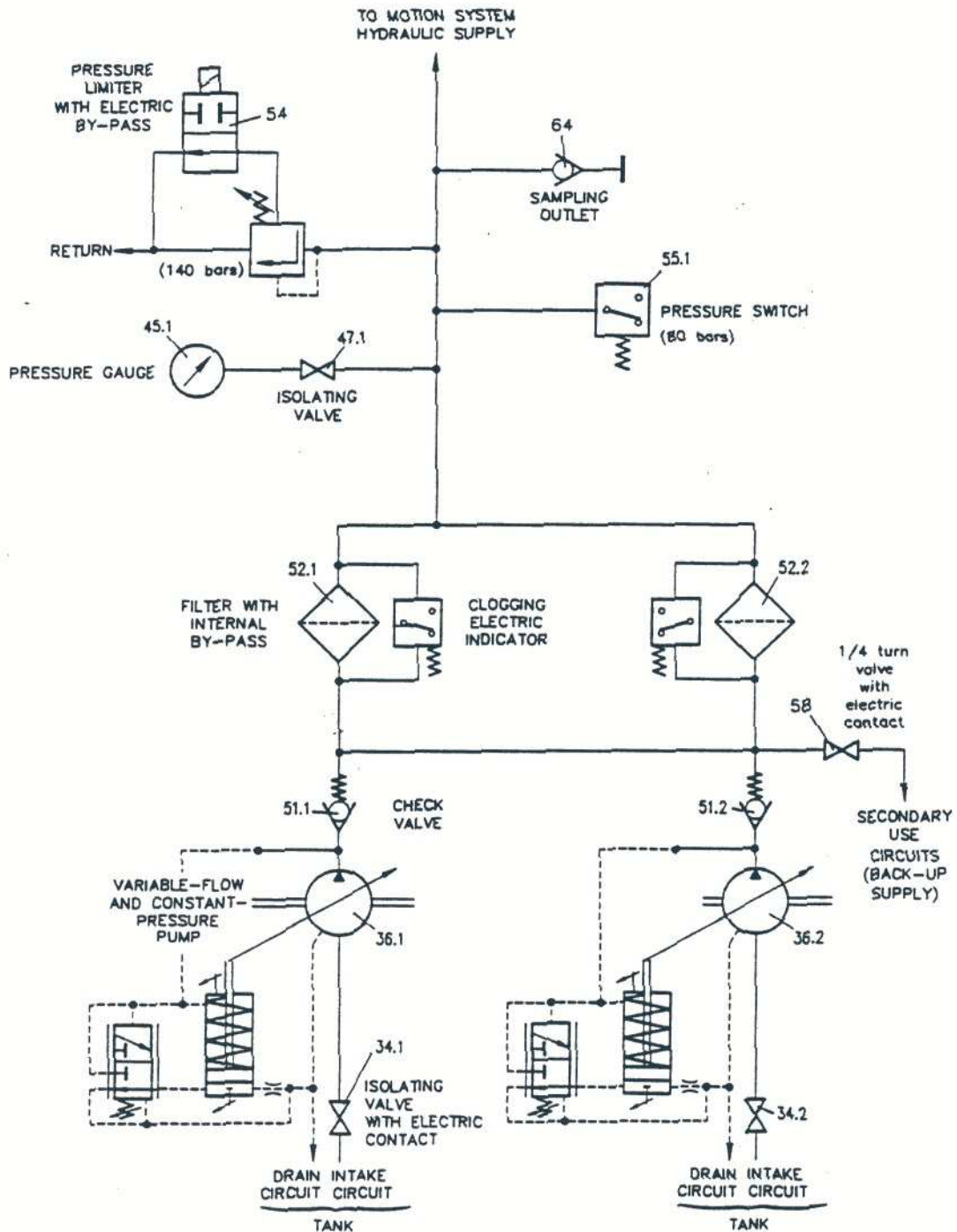
### ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

#### Κύριο κύκλωμα

Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από δύο όμοιες αντλίες συνδεδεμένες παράλληλα. Κάθε αντλία περιλαμβάνει ένα αξονικό πιστόνι, είναι αυτορυθμιζόμενες, μεταβλητής ροής αλλά σταθερής πίεσης (36.1 και 36.2) και οδηγούνται από δύο τριφασικούς ηλεκτρικούς κινητήρες 50 Hz, 45 kW (60 HP) (39.1 και 39.2).

Με την ισχύ που παρέχεται από τις αντλίες, το υδραυλικό υγρό τροφοδοτεί το σύστημα μέσω βαλβίδων (34.1 και 34.2), οι οποίες απομονώνουν τις αντλίες από

την δεξαμενή όταν αυτές είναι ανενεργές (π.χ. περίοδος συντήρησης). Οι αυτορυθμιζόμενες αντλίες (36.1 και 36.2) παρέχουν σταθερή πίεση στο κύκλωμα και αυτόματα ρυθμίζουν την ροή ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος.



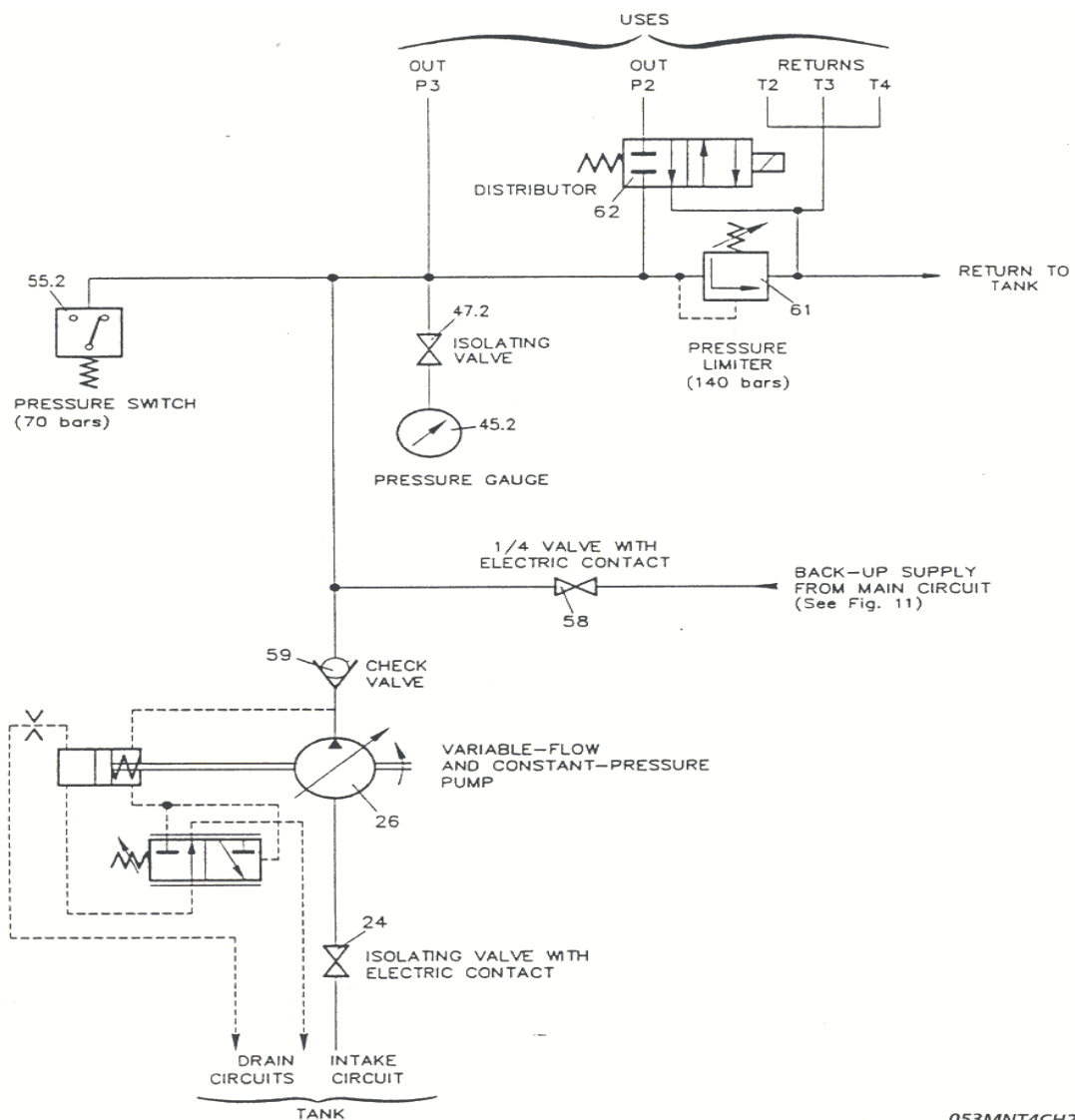
Σχήμα 61. Κύριο κύκλωμα

Οι αντλίες μεταφέρουν το υγρό μέσω ανεπίστροφων βαλβίδων (51.1 και 51.2) και μέσω 2 φίλτρων υψηλής πίεσης (52.1 και 52.2) (ικανότητας φιλτραρίσματος 6 εκατομμυριοστών του μέτρου) τα οποία είναι συνδεδεμένα με ηλεκτρικούς δείκτες βουλώματος. Οι ανεπίστροφες βαλβίδες αποτρέπουν την υπερβολική πίεση στις αντλίες υπό συνθήκες φορτίου και επίσης εμποδίζουν τις αντλίες να οδηγηθούν από τα μοτέρ όταν αυτά σταματάνε.

Ένας ρυθμιστής πίεσης με μια ηλεκτροβαλβίδα παράκαμψης (54) περιορίζει την μέγιστη πίεση του κυκλώματος στα 140 bars. Όταν η μονάδα υδραυλικής ισχύος ξεκινά, η παράκαμψη ανοίγει (η ηλεκτροβαλβίδα απενεργοποιείται) έτσι ώστε η πίεση να συντηρείται κάτω από 15 bars. Αυτό επιτρέπει στους κινητήρες να ξεκινούν με το ελάχιστο δυνατό φορτίο. Κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, η ηλεκτροβαλβίδα ενεργοποιείται και η παράκαμψη κλείνει. Από μία έξοδο δειγματοληψίας (64) μπορούν να παρθούν δείγματα υδραυλικού υγρού για εργαστηριακή εξέταση. Η πίεση λειτουργίας του κυρίου κυκλώματος απεικονίζεται σε ένα μετρητή πίεσης συνδεδεμένο σε σειρά με μια τάπα απομόνωσης. Ένας πρεσοστάτης (55.1) εντοπίζει την ελάχιστη δυνατή πίεση λειτουργίας του συστήματος (π.χ. 80 bars). Ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιείται για να παρέχει ένα σήμα που αποτελεί μέρος της αλυσίδας λογικής ασφάλειας.

### Δευτερεύων κύκλωμα (CLS)

Το δευτερεύων κύκλωμα (ή σύστημα ελέγχου χειριστηρίων αεροσκάφους CLS) τροφοδοτείται από μια αυτορυθμιζόμενη, μεταβλητής ροής, σταθερής πίεσης αντλία (26) με αξονικό πιστόνι η οποία οδηγείται από ηλεκτρικό κινητήρα (29). Η αντλία ρουφάει υγρό από την δεξαμενή μέσω μιας βαλβίδας απομόνωσης (24) από την πλευρά αναρρόφησης της αντλίας και το παρέχει στο σύστημα μέσω μιας ανεπίστροφης βαλβίδας (59).



Σχήμα 62. Δευτερεύων κύκλωμα

Η αυτορυθμιζόμενη αντλία παρέχει σταθερή πίεση στο κύκλωμα και αυτόματα ρυθμίζει την ροή ανάλογα τις απαιτήσεις του συστήματος, μέσα στα πλαίσια της μέγιστης ροής της αντλίας.

Ένας ρυθμιστής πίεσης (61) προστατεύει το κύκλωμα από πιθανό σφάλμα στη ρύθμιση της πίεσης από την αντλία, περιορίζοντας τη μέγιστη πίεση στα 140 bars περίπου.

Η πίεση λειτουργίας του δευτερεύοντος κυκλώματος απεικονίζεται σε ένα μετρητή πίεσης συνδεδεμένο σε σειρά με μια τάπα απομόνωσης.

Ένας πρεσοστάτης (55.2) εντοπίζει την ελάχιστη δυνατή πίεση λειτουργίας του συστήματος (π.χ. 70 bars). Ο διακόπτης αυτός χρησιμοποιείται για να παρέχει ένα σήμα που αποτελεί μέρος της αλυσίδας λογικής ασφάλειας.

### **Κύκλωμα ψύξης και φιλτραρίσματος**

Αυτό το κύκλωμα τροφοδοτείται από μια αντλία (19) η οποία οδηγείται από ένα τριφασικό μοτέρ 2.2 kW (3 HP), 50 Hz (22).

Μία ανεπίστροφη βαλβίδα (11) είναι τοποθετημένη από την πλευρά διανομής της αντλίας, για αποτρέψει τον υπερβολικό θόρυβο όταν αυτή δουλεύει κάτω από χαμηλές συνθήκες φορτίου.

Επίσης, μια ανεπίστροφη βαλβίδα (17), σταθεροποιεί την πίεση εξόδου της αντλίας σε μια καθορισμένη τιμή για να αποτρέψει την υπερφόρτωση του κινητήρα και να προστατέψει τον εναλλάκτη θερμότητας (12) από υπερβολική ροή υδραυλικού υγρού.

Ο εναλλάκτης θερμότητας (12) μεταφέρει τη θερμότητα από το υδραυλικό υγρό στο νερό με σκοπό να διατηρηθεί μια σταθερή θερμοκρασία μέσα στη δεξαμενή, η οποία ρυθμίζεται από μια θερμοστατική βαλβίδα (13).

Μόλις αποβληθεί η θερμότητα από το υδραυλικό υγρό, το υγρό ρέει μέσω ενός φίλτρου (9) πάλι μέσα στη δεξαμενή.

Ένας πρεσοστάτης (56) εντοπίζει την ελάχιστη επιτρεπτή πίεση λειτουργίας για το κύριο κύκλωμα αντλιών.

### **Κύκλωμα ψύξης νερού**

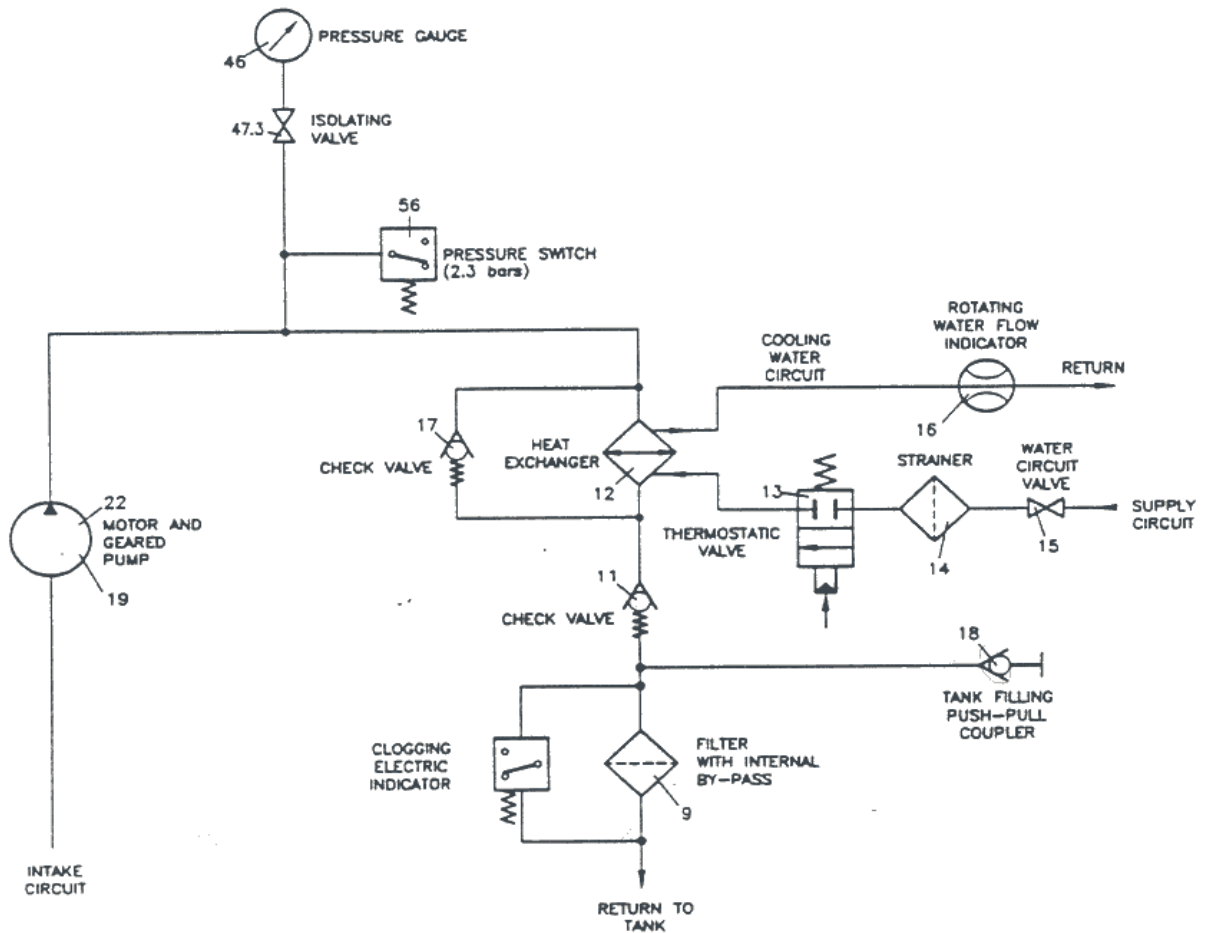
Το κύκλωμα (σχήμα 8) τροφοδοτεί τον εναλλάκτη θερμότητας (12) με κρύο νερό και διοχετεύει το θερμό νερό του εναλλάκτη στο κύκλωμα ανακύκλωσης.

Το κρύο νερό φτάνει στον εναλλάκτη μέσω μιας βαλβίδας (15) η οποία διακόπτει την παροχή όταν αυτό είναι απαραίτητο (π.χ. σε περίοδο συντήρησης του κυκλώματος νερού, κατά την διάρκεια καθαρισμού του εναλλάκτη κλπ). Κατόπιν, το νερό διέρχεται μέσα από ένα διηθητήρα για καθαρισμό και στη συνέχεια αφού περάσει μέσω μιας θερμοστατικής βαλβίδας (13) η οποία ρυθμίζει την ροή του κρύου νερού εισέρχεται στον εναλλάκτη. Η βαλβίδα αυτή ρυθμίζει τη ροή του νερού ανάλογα με την διαφορά θερμοκρασίας του υδραυλικού υγρού και μιας καθορισμένης τιμής.

Η έξοδος του θερμού νερού από τον εναλλάκτη οδηγείται στο κύκλωμα επιστροφής μέσω ενός περιστρεφόμενου δείκτη ροής νερού (16).

Εφ' όσον το υδραυλικό υγρό δεν έχει φτάσει την καθορισμένη θερμοκρασία, η θερμοστατική βαλβίδα παραμένει κλειστή και επομένως δεν υπάρχει κυκλοφορία νερού.





Σχήμα 63. Κύκλωμα ψύξης και φιλτραρίσματος

### Βαλβίδες εξαέρωσης

Όλες οι γραμμές επιστροφής στη δεξαμενή υδραυλικού υγρού είναι εξοπλισμένες με βαλβίδες εξαέρωσης (σχήμα 55, 70 και 71). Αυτές οι βαλβίδες, οι οποίες είναι κλειστές κατά τη κανονική λειτουργία, ανοίγουν μόνο κατά την διάρκεια συντήρησης (π.χ. αλλαγή φίλτρων) για να αποτρέψουν τυχόν αναρρόφηση της δεξαμενής.

### Στάθμες υδραυλικού υγρού

Και οι δύο οπτικοί μετρητές στάθμης έχουν τέσσερα χαραγμένα σημεία.

Τα δύο πάνω σημεία ("υψηλή στάθμη" και "ελάχιστη στάθμη") αντιστοιχούν στα επίπεδα υδραυλικού υγρού όταν η μονάδα υδραυλικής ισχύος (HPU) είναι απενεργοποιημένη.

Τα δύο κάτω σημεία ("στάθμη προειδοποίησης" και "στάθμη ακινητοποίησης") αντιστοιχούν στις στάθμες προειδοποίησης και ακινητοποίησης όταν το HPU είναι ενεργοποιημένο και τροφοδοτεί τα υδραυλικά συστήματα με ισχύ. Επίσης, αυτές οι δύο στάθμες ελέγχονται από δύο ηλεκτρικές επαφές (6.1 και 6.2).

## ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Κάθε κινητήρας του κυρίου κυκλώματος εκκινεί σε σχηματισμό αστέρα, το οποίο σημαίνει ότι αρχικά ξεκινά με μια επαφή αστέρα (CT2Y και CT3Y) και με μια κύρια επαφή (CT2L ή CT3L). Μετά από λίγα δευτερόλεπτα, ένα χρονικό απενεργοποιεί την επαφή αστέρα και ενεργοποιεί την επαφή τριγώνου (CT2D ή CT3D) η οποία είναι και η επαφή κανονικής λειτουργίας. Κάθε κύριος κινητήρας προστατεύεται από ένα θερμικό ρελαί (KT2 ή KT3) και μια ασφάλεια διακοπής κυκλώματος (ST2 ή ST3).

Ο κινητήρας του δευτερεύοντος κυκλώματος και ο κινητήρας του συστήματος ψύξης και φιλτραρίσματος, λόγω μικρής ισχύος είναι συνδεδεμένοι κατευθείαν σε μορφή τριγώνου (CT1 ή CT4). Κάθε κινητήρας προστατεύεται από ένα θερμικό ρελαί (KT1 και KT4) και μια ασφάλεια διακοπής κυκλώματος (ST1 και ST4).

Οι διάφορες επαφές (CT) ελέγχονται από ρελαί (K2 μέχρι K19), και όλα μαζί ελέγχονται από τον κεντρικό υπολογιστή.

## ΓΕΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

### Αλυσίδες ασφάλειας

Η μονάδα υδραυλικής ισχύος, μπορεί να λειτουργήσει μόνο εάν το επιτρέψουν οι αλυσίδες ασφάλειας των διαφόρων κυκλωμάτων. Αυτές οι αλυσίδες αφορούν :

- Την εκκίνηση της αντλίας του κυκλώματος ψύξης.
- Την εκκίνηση της αντλίας 1 του κυρίου κυκλώματος.
- Την εκκίνηση της αντλίας 2 του κυρίου κυκλώματος.
- Την εκκίνηση της αντλίας του συστήματος CLS.

Κάθε αλυσίδα περιλαμβάνει κάποιες συνθήκες οι οποίες ελέγχονται και επεξεργάζονται από την αρμόδια κάρτα (XPROCESS).

Αυτές οι συνθήκες αντιπροσωπεύουν την κατάσταση του περιβάλλοντος και ειδικά τις παραμέτρους της μονάδας υδραυλικής ισχύος, όπως θερμοκρασίες και στάθμες υδραυλικού υγρού, θέση βαλβίδων, κατάσταση φίλτρων, ηλεκτρικές τροφοδοσίες, υδραυλικές πιέσεις κλπ.

Όταν όλες αυτές οι συνθήκες διασταυρωθούν η κάρτα XPROCESS στέλνει μια ψηφιακή έξοδο στο κιβώτιο εκκίνησης υδραυλικών συστημάτων (HSB).

Σε περίπτωση δυσλειτουργίας των υδραυλικών συστημάτων, οι αλυσίδες ασφαλείας ενεργοποιούν την προειδοποιητική κόρνα της καμπίνας ελέγχου και πιθανά σταματούν το HPU. Τα δεδομένα (συνθήκες) επεξεργάζονται με σκοπό να δημιουργηθούν μηνύματα τα οποία θα εξηγούν τους λόγους του συναγερμού και της ακινητοποίησης. Αυτά τα μηνύματα απεικονίζονται στην κονσόλα της καμπίνας ελέγχου των υδραυλικών συστημάτων και στο διαγνωστικό σύστημα GOLD.

## Κεφαλαίο 2.3

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΩΝ ΑΕΡΟΣΚΑΦΟΥΣ (CLS)

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος "χειριστήρια ελέγχου" χρησιμοποιείται με την ευρεία έννοια για να προσδιορίσει τα διάφορα χειριστήρια που είναι διαθέσιμα στους πιλότους είτε για να τα χρησιμοποιούν κατά την διάρκεια της πτήσης (aileron, flaps, κλπ), είτε για να τα χρησιμοποιούν σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης (landing gear emergency control, κλπ).

Κάθε χειριστήριο ελέγχου, όταν χρησιμοποιείται στον εξομοιωτή πτήσης παράγει δυναμική αντίσταση, όμοια με αυτή που θα γίνονταν αισθητή στο πραγματικό αεροσκάφος. Το σύστημα ελέγχου χειριστηρίων του αεροσκάφους περιλαμβάνει χειριστήρια τα οποία χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- i) Πρωτεύοντα χειριστήρια - Τα χειριστήρια αυτά αποτελούνται από σερβομηχανισμούς και είναι ηλεκτρο-υδραυλικά.
- ii) Δευτερεύοντα χειριστήρια- Τα χειριστήρια αυτά δεν συμπεριλαμβάνουν σερβομηχανισμούς και είναι συνήθως ηλεκτρο-μηχανικά.

Τα πρωτεύοντα (υδραυλικά) και δευτερεύοντα (μηχανικά) χειριστήρια ελέγχου του εξομοιωτή πτήσεων B737 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

<b>ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ</b>	<b>ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ</b>
Nosewheel steering	Speedbrake
Rudder (Pedals)(Yaw)	Flaps
Toebrake (Right)	Engine Start
Toebrake (Left)	Landing gear (Main)
Aileron (Left wheel)	Emergency landing gear
Aileron (Right wheel)	Stabilizer trim
Throttle 1	
Throttle 2	
Elevator (Columns)(Pitch)	

#### ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΑ

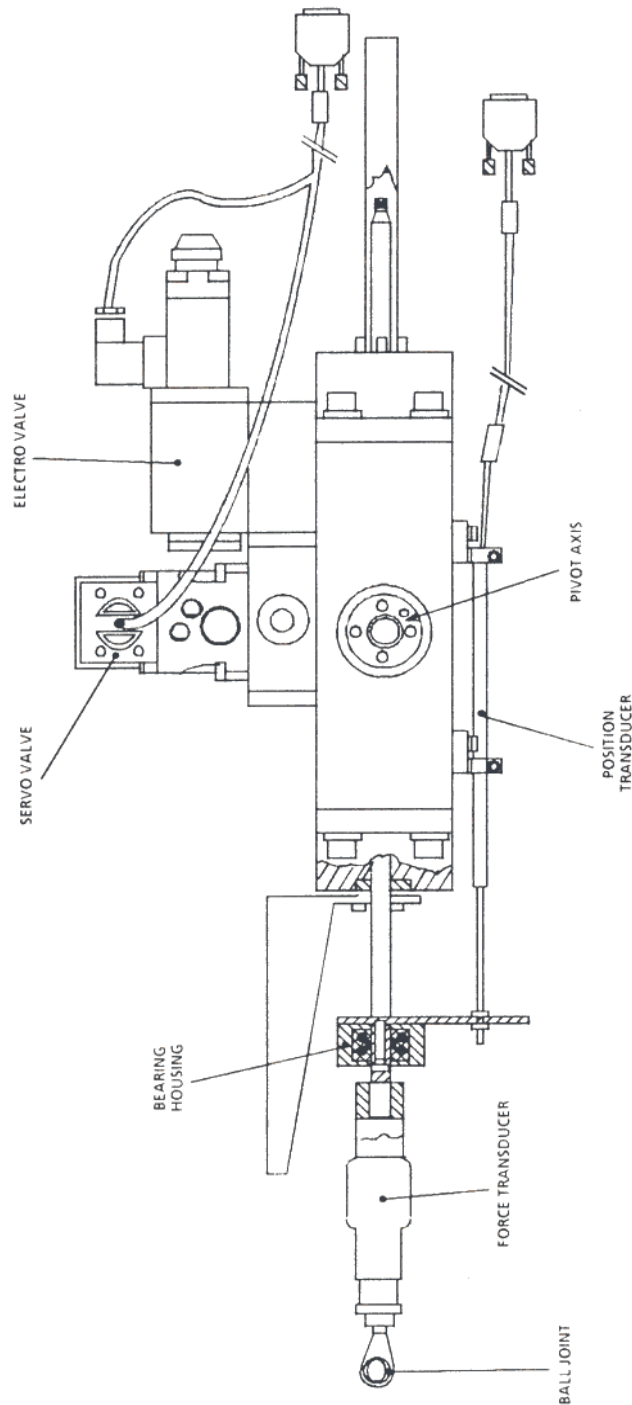
Γενική σύνθεση μιας αλυσίδας ελέγχου CLS.

Μια αλυσίδα ελέγχου CLS περιλαμβάνει:

- Ένα χειριστήριο αεροσκάφους.
- Μια μηχανική συσκευή μετάδοσης (π.χ. ράβδος, ιμάντας, αλυσίδα) που συνδέει το

χειριστήριο με τη μονάδα παροχής δυναμικής αντίστασης.

- Μια μονάδα δυναμικής αντίστασης (π.χ. άξονας κίνησης, μοτέρ), τοποθετημένη στο κάτω μέρος του εξομοιωτή.
- Ηλεκτρονικό εξοπλισμό για την επεξεργασία και διαχείριση των σημάτων από τους σερβομηχανισμούς.



Σχήμα 64. Μηχανισμός κίνησης συστήματος CLS

### **Μηχανισμός κίνησης συστήματος CLS**

Ο μηχανισμός κίνησης του συστήματος CLS αποτελείται :

- i) Ένα υδραυλικό άξονα.
- ii) Μια σερβοβαλβίδα.
- iii) Μια ηλεκτροβαλβίδα.
- iv) Ένα μετατροπέα θέσης.

### **Υδραυλικός άξονας**

Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα:

- i) Διαδρομή λειτουργίας : 2 x 50mm,
- ii) Συνολική διαδρομή : 2 x 60mm,
- iii) Διατομή πιστονιού: 2.04 cm<sup>2</sup>
- iv) Ονομαστική πίεση λειτουργίας: 100 bars,

Τυχόν διαρροή υδραυλικού υγρού από τις φλάντζες συλλέγεται σε δοχεία.

### **Σερβοβαλβίδα και ηλεκτροβαλβίδα**

Η σερβοβαλβίδα διανέμει υδραυλικό υγρό στο θάλαμο κίνησης του άξονα. Το ποσοστό ροής και η κατεύθυνση ελέγχονται από τις κάρτες ΧΡΑΝΑΜΑ και ΥΡ ΑΣΡΑΝ.

Με 100 bar πίεση, ένα ρεύμα ελέγχου 10 mA , παράγει μια ροή εξόδου 4.5 litre/min και μια μετόπιση 360 mm/sec στη ράβδο κίνησης. Σε περίπτωση απουσίας σήματος ελέγχου, ο άξονας παραμένει σταθερός. Με εξωτερική ρύθμιση μπορούν να διορθωθούν τυχόν αποκλίσεις.

Μια ηλεκτροβαλβίδα παράκαμψης χρησιμοποιείται για να συνδέει τους δύο θαλάμους κίνησης, καθιστώντας τον άξονα αδρανή ακόμα και όταν εφαρμόζεται πίεση. Ο άξονας είναι ενεργός μόνο όταν η ηλεκτροβαλβίδα παράκαμψης τροφοδοτείται.

### Μετατροπέας θέσης

Ένας γραμμικός μετατροπέας θέσης, LVDT (Linear Variable Differential Transformer) χρησιμοποιείται για να αναφέρει τη θέση της ράβδου κίνησης. Είναι ένας επαγωγικός μετατροπέας με ένα διαφορικό μετασχηματιστή. Είναι συνδεδεμένος μ' ένα ταλαντωτή και ένα αποπλέκτη στην κάρτα YR-ASPAN και βγάζει μια τάση εξόδου  $\pm 10$  V, έχοντας ως τροφοδοσία τάση  $\pm 15$  V. Το εύρος μέτρησης του είναι  $\pm 50$  mm.

Επίσης, χρησιμοποιείται ένας περιστροφικός μετατροπέας θέσης, RVDT (Rotary Variable Differential Transformer) ο οποίος είναι τοποθετημένος στον άξονα κίνησης. Αυτός ο RVDT μετατροπέας χρησιμοποιείται για να καταγράφει την θέση του χειριστηρίου αλλά και τη δύναμη που εφαρμόζεται σε αυτό.

### ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (σχήματα 65 και 66)

Ο κεντρικός υπολογιστής επεξεργάζεται τις διάφορες παραμέτρους (θέση, δύναμη, αδράνεια κλπ) που προκύπτουν από τα χειριστήρια του αεροσκάφους και τις μεταφέρει μέσω των διαύλων στο σύστημα διασυνδέσεων του CLS.

Το σύστημα διασυνδέσεων του CLS περιλαμβάνει τις ακόλουθες μονάδες:

i) Μονάδα επεξεργασίας (κάρτα X PROCESS) και μονάδα αποθήκευσης (κάρτα X MEMBUS)

ii) Κάρτες εισόδου-εξόδου (I/O) - XCD SB64  
XCD EB64F  
XCD SC12 16  
XDCAN 12  
XDMUX32S  
XDMUX32D

iii) Διάφορες κάρτες προσαρμογής - XADADI: προσαρμογή σημάτων τάσης, προσαρμογή σημάτων πίεσης.

iv) Μονάδα επεξεργασίας σημάτων σέρβο (κάρτα X-PANAMA).

Οι μονάδες επεξεργασίας και αποθήκευσης (X PROCESS, X MEMBUS) ελέγχουν την λειτουργία της υδραυλικής αντλίας και των ηλεκτροβαλβίδων οι οποίες τροφοδοτούν τους μηχανισμούς κίνησης. Ελέγχουν επίσης αν οι τάσεις τροφοδοσίας είναι μέσα στα όρια, την ανταπόκριση των χειριστηρίων και γενικά ελέγχουν ότι έχει να κάνει με την λειτουργία των σερβομηχανισμών. Εάν εντοπιστεί κάποιο σφάλμα η μονάδα επεξεργασίας απενεργοποιεί τους μηχανισμούς κίνησης διακόπτοντας την παροχή τους με υδραυλικό υγρό. Όλες οι δυσλειτουργίες απεικονίζονται στην κονσόλα του διαγνωστικού συστήματος GOLD για λόγους λειτουργίας και συντήρησης.

Η μονάδα επεξεργασίας σημάτων σέρβο (κάρτα X-PANAMA) παράγει σήματα ελέγχου για τις σερβοβαλβίδες των μηχανισμών κίνησης λαμβάνοντας υπ' όψιν:

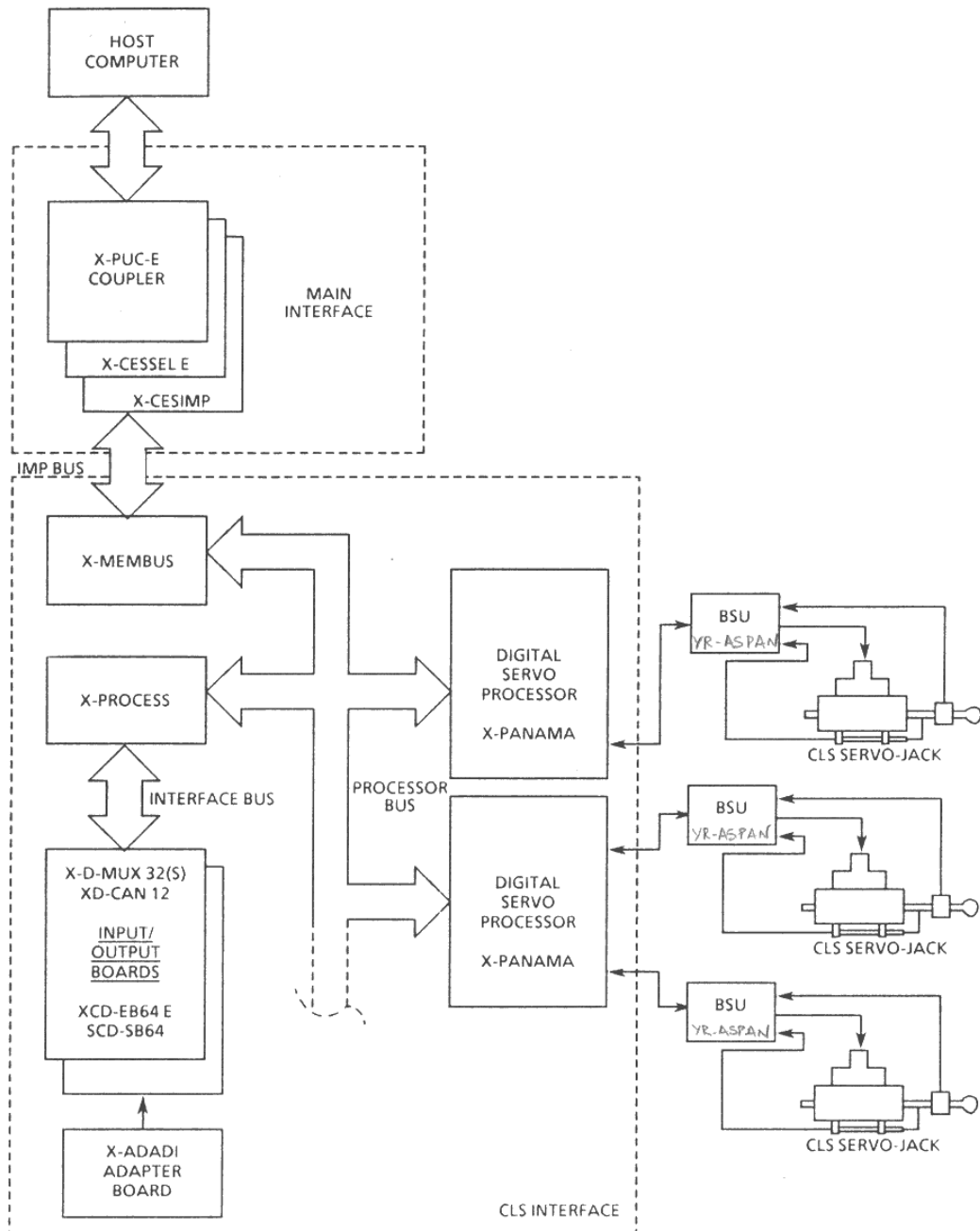
i) Τις οδηγίες που στέλνονται από τον κεντρικό υπολογιστή, αφού πρώτα επικυρωθούν από την κάρτα X PROCESS.

ii) Τα σήματα ελέγχου από τους μετατροπείς του κάθε μηχανισμού κίνησης.

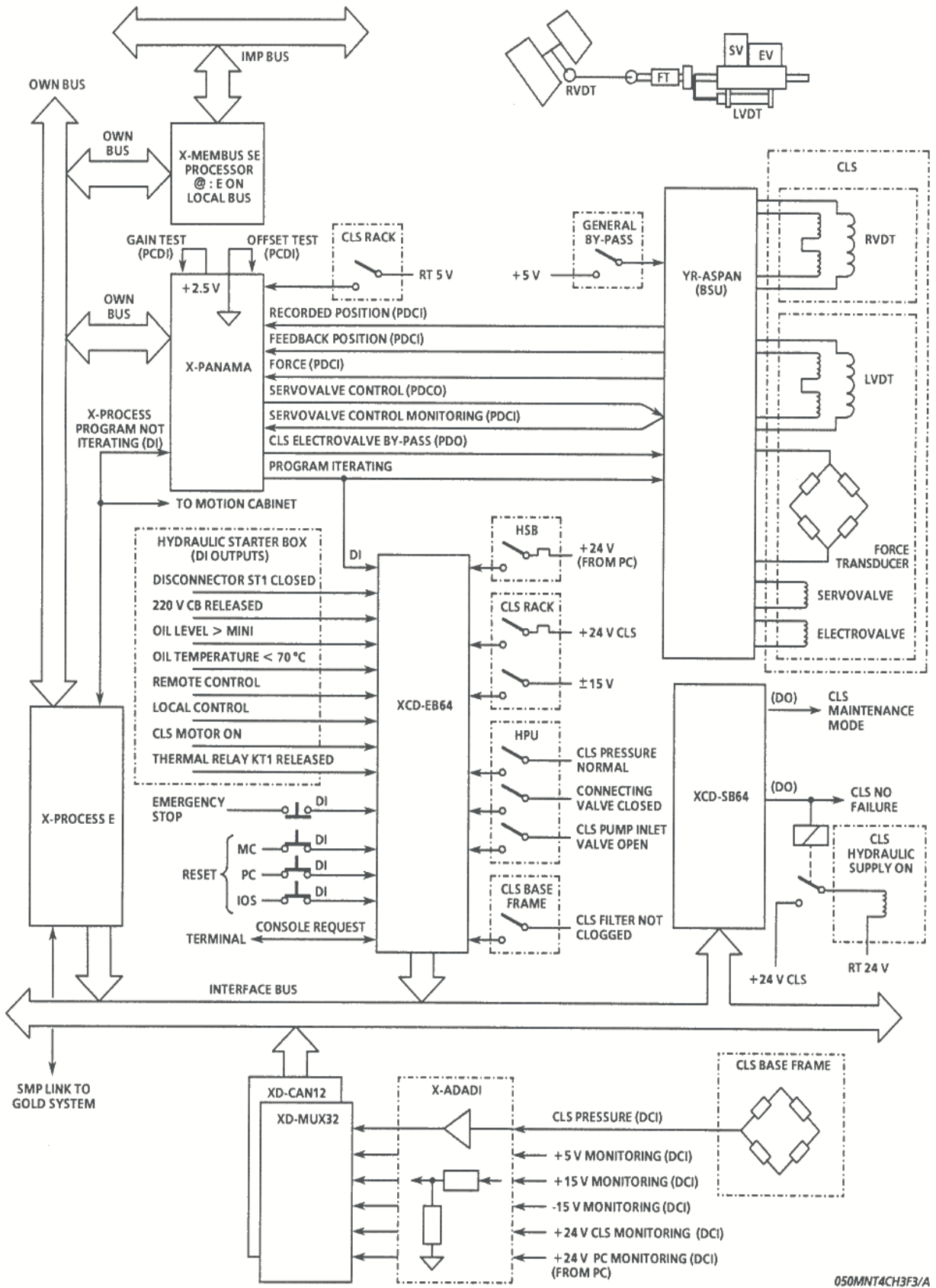
Κάθε κάρτα X-PANAMA συνδέεται με δύο μηχανισμούς κίνησης (CLS servo-jack) μέσω μιας μονάδας ασφάλειας και απομόνωσης (BSU), η οποία περιλαμβάνει μια κάρτα YR-ASPAN (λειτουργεί επίσης και σαν προσαρμογέας και προστατεύει την X-PANAMA).

Κάθε κάρτα YR-ASPAN είναι υπεύθυνη για την προσαρμογή της X PANAMA με τις

συσκευές ελέγχου (ηλεκτροβαλβίδες, σερβοβαλβίδες) και τους διάφορους μετατροπείς (θέσης, δύναμης) και εγγυάται την ασφαλή λειτουργία των σερβομηχανισμών.



Σχήμα 65. Μπλοκ διάγραμμα ηλεκτρο-υδραυλικής αλυσίδας ελέγχου



050MNT4CH3F3/A

Σχήμα 66. Μπλοκ διάγραμμα αλυσίδας ελέγχου μηχανισμού κίνησης



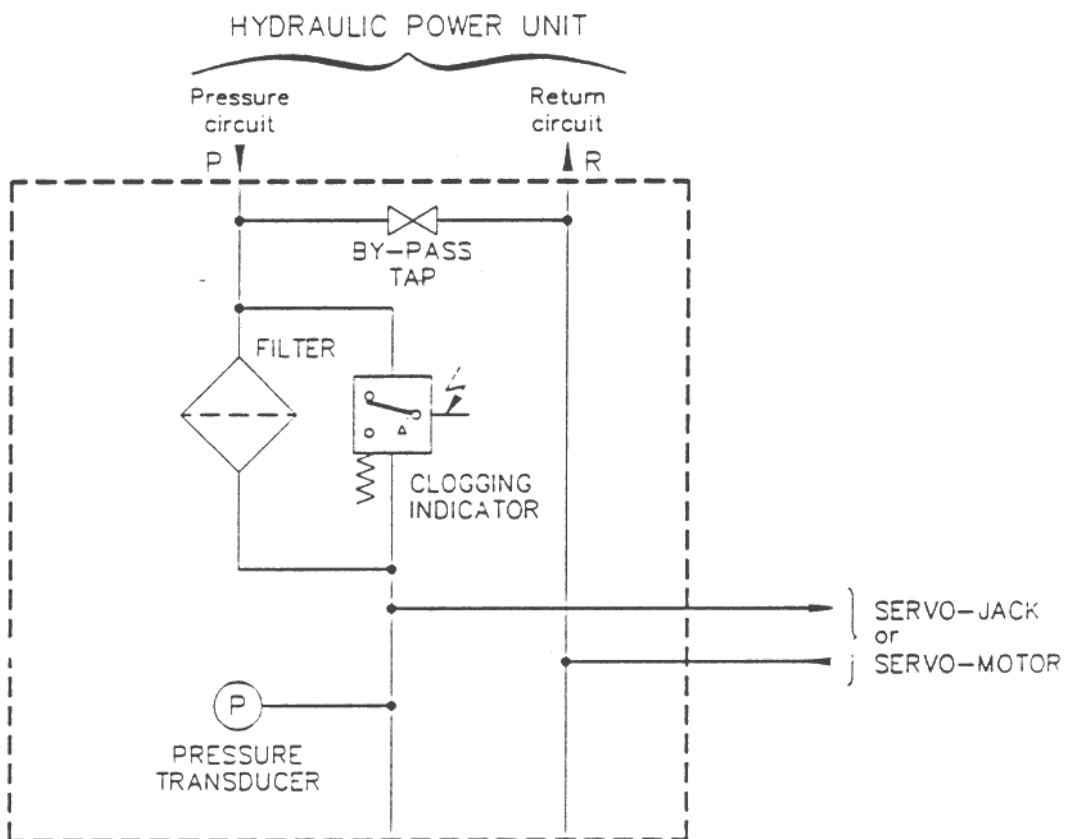
### ΚΑΡΤΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ YR-ASPAN (BSU)

Κάθε κάρτα YR-ASPAN (μία για κάθε μηχανισμό κίνησης) προσαρμόζει τους μετατροπείς και τις συσκευές ελέγχου με την κάρτα X-PANAMA, επίσης:

- i) Διαμορφώνει και αποδιαμορφώνει τις λειτουργίες των LVDT και RVDT και ενισχύει τα σήματα των μετατροπέων θέσης και δύναμης των μηχανισμών κίνησης,
- ii) Ενισχύει το ρεύμα για τον έλεγχο των σερβοβαλβίδων,
- iii) Ελέγχει την ηλεκτροβαλβίδα παράκαμψης μέσω ρελαί.

### ΔΙΑΝΟΜΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ

Ένα μπλοκ διανομής υδραυλικού υγρού διανέμει υδραυλικό υγρό από την μονάδα υδραυλικής ισχύος (HPU) στους μηχανισμούς κίνησης του συστήματος CLS. Περιέχει ένα φίλτρο, ένα αισθητήριο φίλτρου και ένα μετατροπέα πίεσης. Επίσης, το μπλοκ διανομής περιέχει μία χειροκίνητη βάννα παράκαμψης για λειτουργία σε περιόδους συντήρησης.



Σχήμα 67. Μπλοκ διανομής υδραυλικού υγρού για το CLS

## **ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΑ**

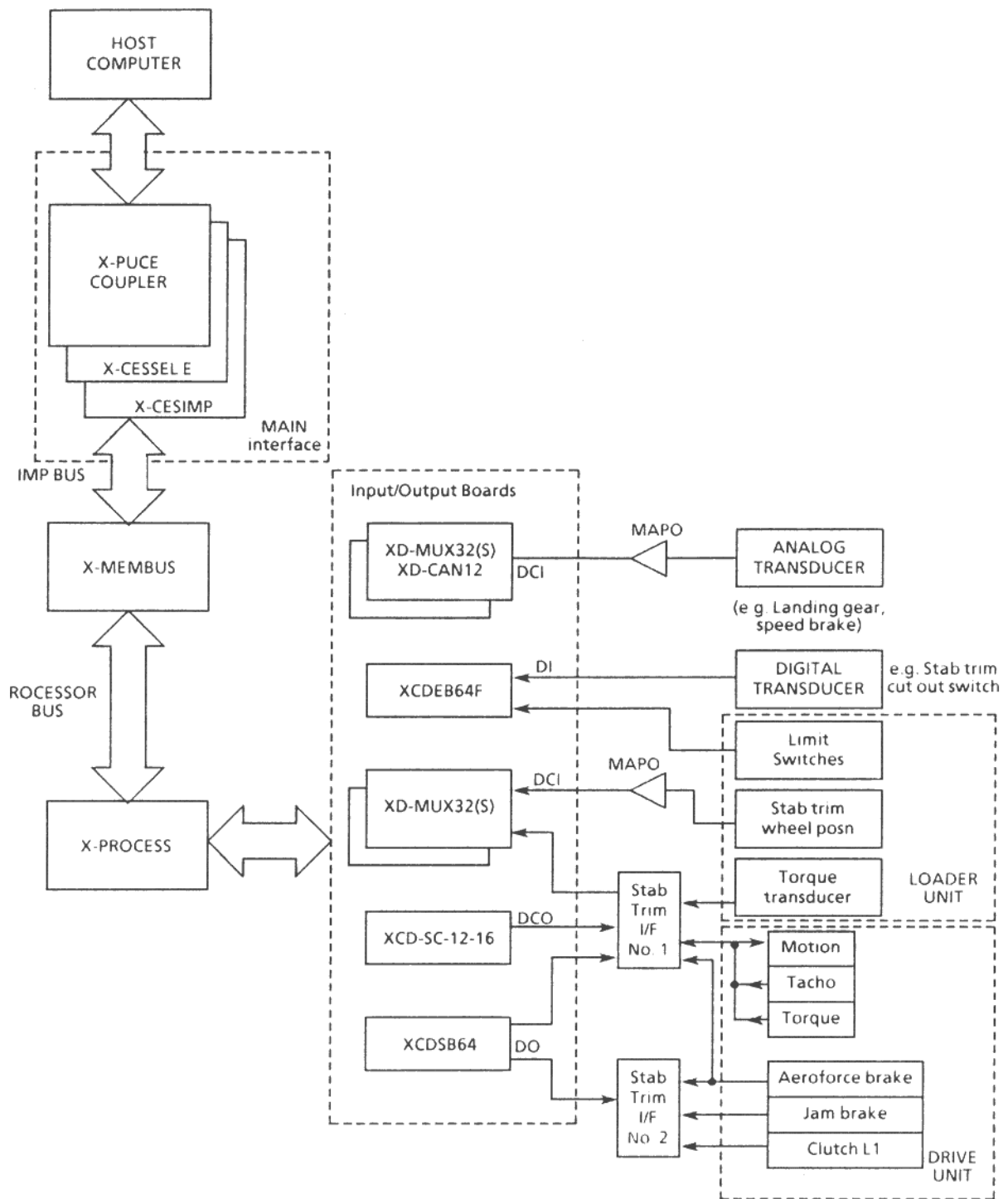
### **ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Μια ηλεκτρομηχανική αλυσίδα ελέγχου περιλαμβάνει γενικά:

- Ένα χειριστήριο αεροσκάφους
- Μια μηχανική συσκευή μετάδοσης (π.χ. ράβδος, ιμάντας, αλυσίδα) που συνδέει το χειριστήριο με το μπλοκ εξομοίωσης,
- Ένα μπλοκ εξομοίωσης(φρένο, συμπλέκτης, μοτέρ, ηλεκτρομαγνήτης, κλπ.) τοποθετημένο στο κάτω μέρος του εξομοιωτή,
- Εξαρτήματα απεικόνισης θέσης χειριστηρίων αεροσκάφους (ποτενσιόμετρα, μικροεπαφές),
- Καλώδια και συνδέσεις καλωδίων,
- Ηλεκτρονικά εξαρτήματα σχεδιασμένα να επεξεργάζονται και να προσαρμόζουν τις θέσεις των χειριστηρίων με τα ηλεκτρικά σήματα (θέσης ή δύναμης),
- Κάρτες εισόδου/εξόδου και διαχείρισης δεδομένων

### **ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Ο κεντρικός υπολογιστής επεξεργάζεται τις διάφορες τιμές που εφαρμόζονται στα χειριστήρια του αεροσκάφους και τις μεταβιβάζει μέσω των διασυνδέσεων στο σύστημα ηλεκτρομηχανικού ελέγχου. Αυτό περιλαμβάνει μονάδες επεξεργασίας και αποθήκευσης (κάρτες X-PROCESS και X-MEMBUS) και κάρτες εισόδου/εξόδου I/O (XCD-SB64, XCD-EB64F, XCD-SC12-16, XD-CAN12, XD-MUX32).



Σχήμα 68. Μπλοκ διάγραμμα ηλεκτρο-μηχανικής αλυσίδας ελέγχου

## Κεφάλαιο 2.4

### ΓΕΦΥΡΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### ΣΚΟΠΟΣ

Η γέφυρα επιτρέπει την πρόσβαση στην πλατφόρμα κίνησης όταν αυτή είναι στάσιμη. Η επέκταση και η αποτράβηξη της γέφυρας πρόσβασης εκτελείται με την βοήθεια ενός άξονα κίνησης ο οποίος τροφοδοτείται από το δευτερεύον κύκλωμα (CLS) της μονάδας υδραυλικής ισχύος (HPU).

#### ΣΥΝΘΕΣΗ (σχήματα 69 με 71)

Η γέφυρα πρόσβασης (DW) αποτελείται από μια γέφυρα η μια άκρη της οποίας είναι σταθερή επάνω σε ένα υποστήριγμα. Το υποστήριγμα περιλαμβάνει τις διάφορες υδραυλικές συσκευές και ένα κιβώτιο εξοπλισμού (DWB).

Το κιβώτιο εξοπλισμού (DWB) περιλαμβάνει μια προειδοποιητική κόρνα και τρία ρελαί (K1 με K3):

- (a) K1 : Ρελαί "Αποτράβηξης".
- (b) K2 : Ρελαί "Επέκτασης".
- (c) K3 : Ρελαί "Ενεργοποίησης φάρου".

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

#### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

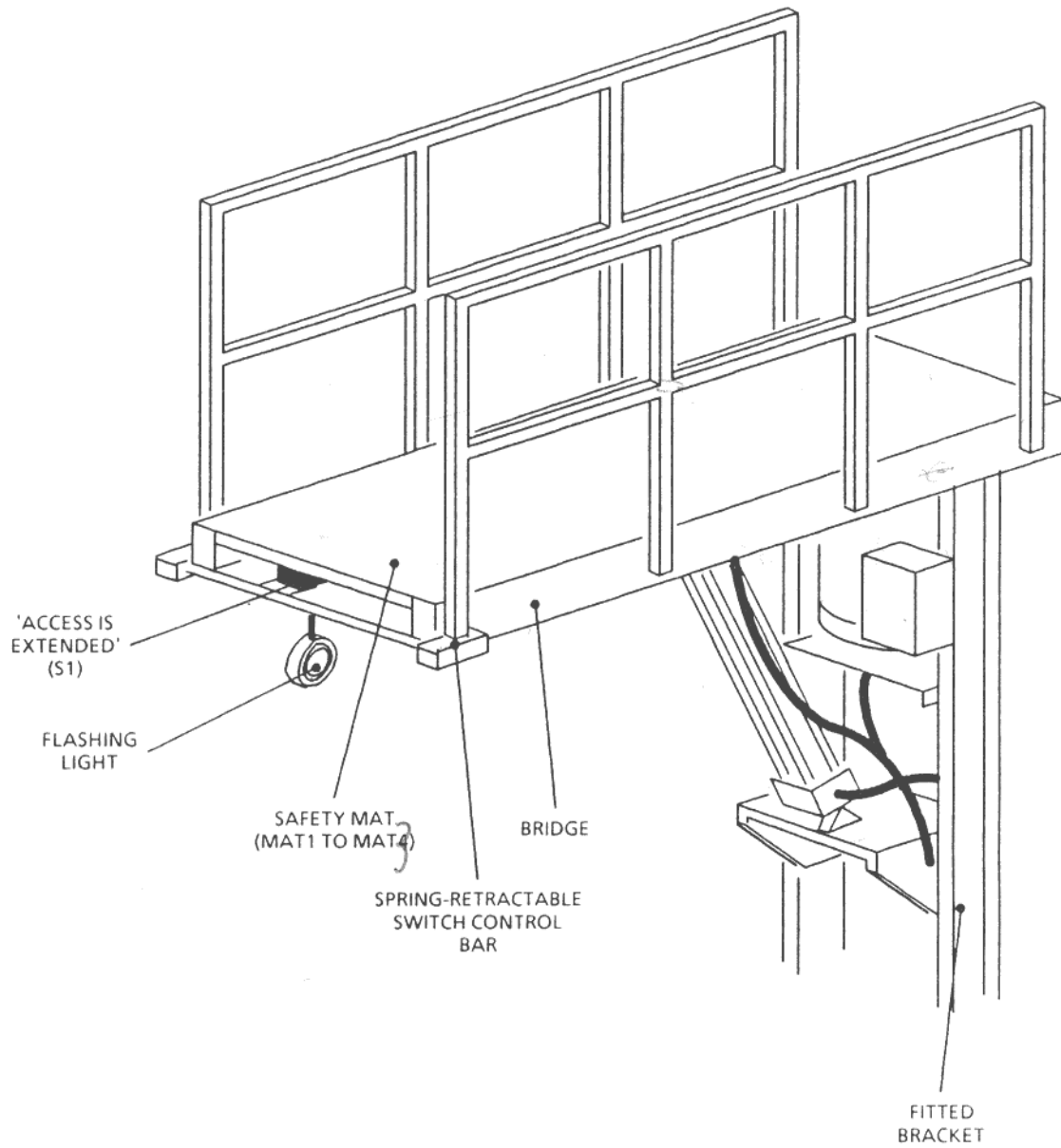
Η γέφυρα πρόσβασης τροφοδοτείται με υδραυλικό υγρό από το δευτερεύον κύκλωμα (CLS) της μονάδας υδραυλικής ισχύος (HPU) με πίεση που κυμαίνεται στα  $100 \pm 5$  bars.

Το κύκλωμα πίεσης περιλαμβάνει μια βάνα απομόνωσης (1), ένα υδραυλικό συσσωρευτή (2) και μια ανεπίστροφη βαλβίδα (3) παρέχοντας σταθερή πίεση μέσα στο συσσωρευτή σε περίπτωση πτώσης πίεσης του συστήματος τροφοδοσίας.

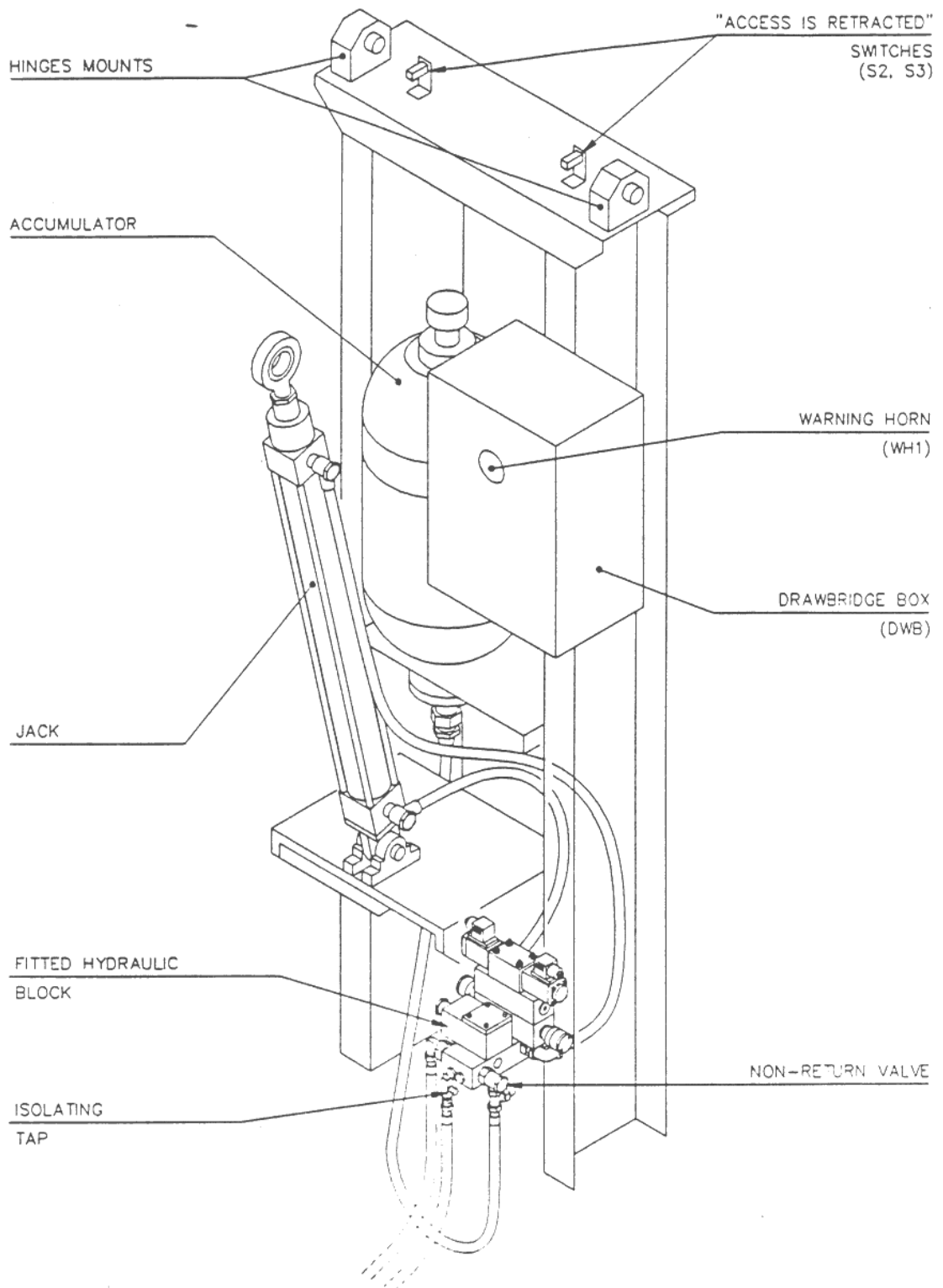
Σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας η βάνα (4) είναι κλειστή, ενώ όταν ανοιχτεί επιτρέπει την σύνδεση του κυκλώματος πίεσης με το κύκλωμα επιστροφής με σκοπό την αποσυμφόρηση του υδραυλικού συσσωρευτή.

Ο άξονας κίνησης (10) ενεργοποιείται από ένα ηλεκτροδιανομέα (5) τριών θέσεων, ο οποίος περιλαμβάνει δύο ηλεκτροβαλβίδες, EV1 και EV2. Όταν ο διανομέας τεθεί σε οποιαδήποτε από τις ακραίες θέσεις του, υδραυλική πίεση τροφοδοτεί ένα από τους θαλάμους κίνησης του άξονα. Η ανεπίστροφη βαλβίδα που είναι τοποθετημένη στο κύκλωμα πίεσης (π.χ. 6) κανονικά ανοίγει, ενώ αντιθέτως η άλλη βαλβίδα που βρίσκεται στο κύκλωμα επιστροφής εξαναγκάζεται να ανοίξει από τον ηλεκτροδιανομέα. Όταν ο ηλεκτροδιανομέας είναι σε ουδέτερη κατάσταση και οι δύο ανεπίστροφες βαλβίδες (6 και 7) είναι κλειστές, γεγονός το οποίο σταθεροποιεί τον άξονα κίνησης στην εκάστοτε θέση.

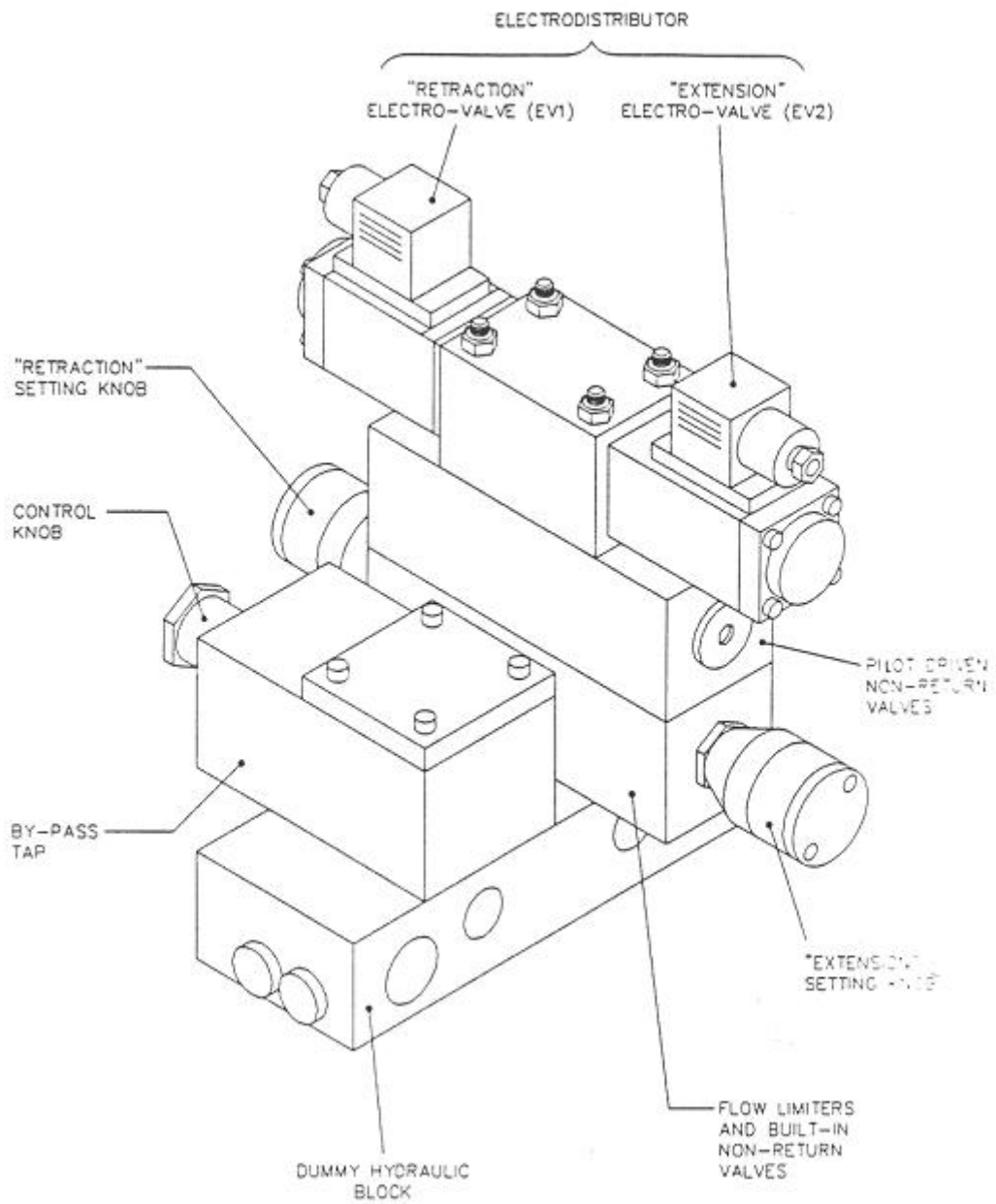
Οι περιοριστές ροής που βρίσκονται στο κύκλωμα πίεσης και επιστροφής (8 και 9) επιτρέπουν την ρύθμιση της ταχύτητας του άξονα κίνησης.



Σχήμα 69. Γενική εικόνα της γέφυρας πρόσβασης



Σχήμα 70. Σύστημα κίνησης γέφυρας



Σχήμα 71. Υδραυλικό μπλοκ γέφυρας

## ΓΕΝΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΜΠΙΝΑ ΕΛΕΓΧΟΥ M6X

### Εισαγωγή

Η γέφυρα πρόσβασης δεν λειτουργεί αυτόνομα. Οι διαδικασίες της αποτράβηξης και της επέκτασης ελέγχονται από αλυσίδες ασφαλείας οι οποίες επεξεργάζονται από την καμπίνα ελέγχου του motion (M6X). Οι αλυσίδες αυτές περιγράφονται στα σχήματα 5 και 6.

Κάθε αλυσίδα ελέγχου έχει τις δικές της συνθήκες οι οποίες επεξεργάζονται από την κάρτα X PROCESS της καμπίνας ελέγχου. Οι συνθήκες αυτές αντιπροσωπεύουν την κατάσταση του περιβάλλοντος (διακόπτες έκτακτης ανάγκης, πόρτες κλειστές, κατάσταση συστήματος motion κλπ). Όταν διασταυρωθούν όλες αυτές οι συνθήκες η κάρτα X PROCESS ενεργοποιεί μια ψηφιακή έξοδο (DO). Αυτή η DO εισέρχεται στην λογική ελέγχου η οποία διαμορφώνεται από την κατάσταση των ρελαί της κάρτας X ADADI της καμπίνας ελέγχου, από την κατάσταση των ρελαί K1, K2, K3 και από τους διακόπτες της γέφυρας.

Όταν εντοπιστεί μια δυσλειτουργία στη γέφυρα πρόσβασης, οι αλυσίδες ασφαλείας ενεργοποιούν την προειδοποιητική κόρνα της καμπίνας ελέγχου. Επίσης, τα δεδομένα που αφορούν την κατάσταση του περιβάλλοντος επεξεργάζονται από την κάρτα X PROCESS με σκοπό να εντοπιστεί ο λόγος για τον οποίο ήχησε η κόρνα και να απεικονιστεί το σφάλμα στην κονσόλα του διαγνωστικού συστήματος GOLD αλλά και στο μόνιτορ της καμπίνας ελέγχου του motion.

### **Συνθήκες γενικής λειτουργίας**

#### **Κανονική κατάσταση λειτουργίας-Λειτουργία συντήρησης**

Σε λειτουργία κανονικής κατάστασης, η επέκταση και η αποτράβηξη της γέφυρας ελέγχεται από την θέση του εκπαιδευτή των πιλότων (IOS) είτε χωριστά από το σύστημα κίνησης, είτε μαζί (BRIDGE UP, BRIDGE DOWN ή MOTION UP, BRIDGE DOWN).

Σε λειτουργία συντήρησης, η επέκταση και η αποτράβηξη της γέφυρας ελέγχεται από την καμπίνα ελέγχου του συστήματος κίνησης (M6X).

Η προειδοποιητική κόρνα του κιβωτίου εξοπλισμού (DWB) ηχεί και ο φάρος αναβοσβήνει στις παρακάτω συνθήκες :

- (a) 10 δευτερόλεπτα πριν αρχίσει η διαδικασία αποτράβηξης της γέφυρας καθώς και καθ' όλη την διάρκεια της αποτράβηξης (18 δευτερόλεπτα περίπου).
- (b) Καθ' όλη τη διάρκεια επέκτασης της γέφυρας.



### **Διακόπτες έκτακτης ανάγκης**

Πιέζοντας τον διακόπτη έκτακτης ανάγκης στην καμπίνα ελέγχου του συστήματος motion ενώ η γέφυρα ανεβαίνει ή κατεβαίνει αμέσως προκαλείται σταμάτημα της γέφυρας. Εάν η γέφυρα πρόσβασης είναι πλήρως ανυψωμένη τότε εμποδίζεται η επέκτασή της. Αντίθετα, οι υπόλοιποι διακόπτες έκτακτης ανάγκης προκαλούν την επέκταση της γέφυρας είτε αυτή είναι πλήρως ανυψωμένη ή όχι.

### **Χειροκίνητη λειτουργία**

Είναι δυνατό να λειτουργήσει η γέφυρα πρόσβασης και χειροκίνητα όταν ένας χαλασμένος διακόπτης ή ηλεκτροβαλβίδα εμποδίζουν την αυτόματη λειτουργία της. Ωστόσο, πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στο εάν τηρούνται οι προϋποθέσεις λειτουργίας της γέφυρας (motion σύστημα ακίνητο, πόρτες κλειστές κλπ) καθώς κατά τη χειροκίνητη λειτουργία παρακάμπτονται οι αλυσίδες ασφαλείας.

### **Αποτράβηξη γέφυρας πρόσβασης**

Όταν διασταυρωθούν διάφορες συνθήκες ασφαλείας (πόρτες εξομοιωτή κλειστές, δεν υπάρχει άνθρωπος πάνω στη γέφυρα κλπ ) και φυσικά είναι σε λειτουργία το HPU, ενεργοποιείται μια ψηφιακή έξοδος που επιτρέπει την αποτράβηξη της γέφυρας.

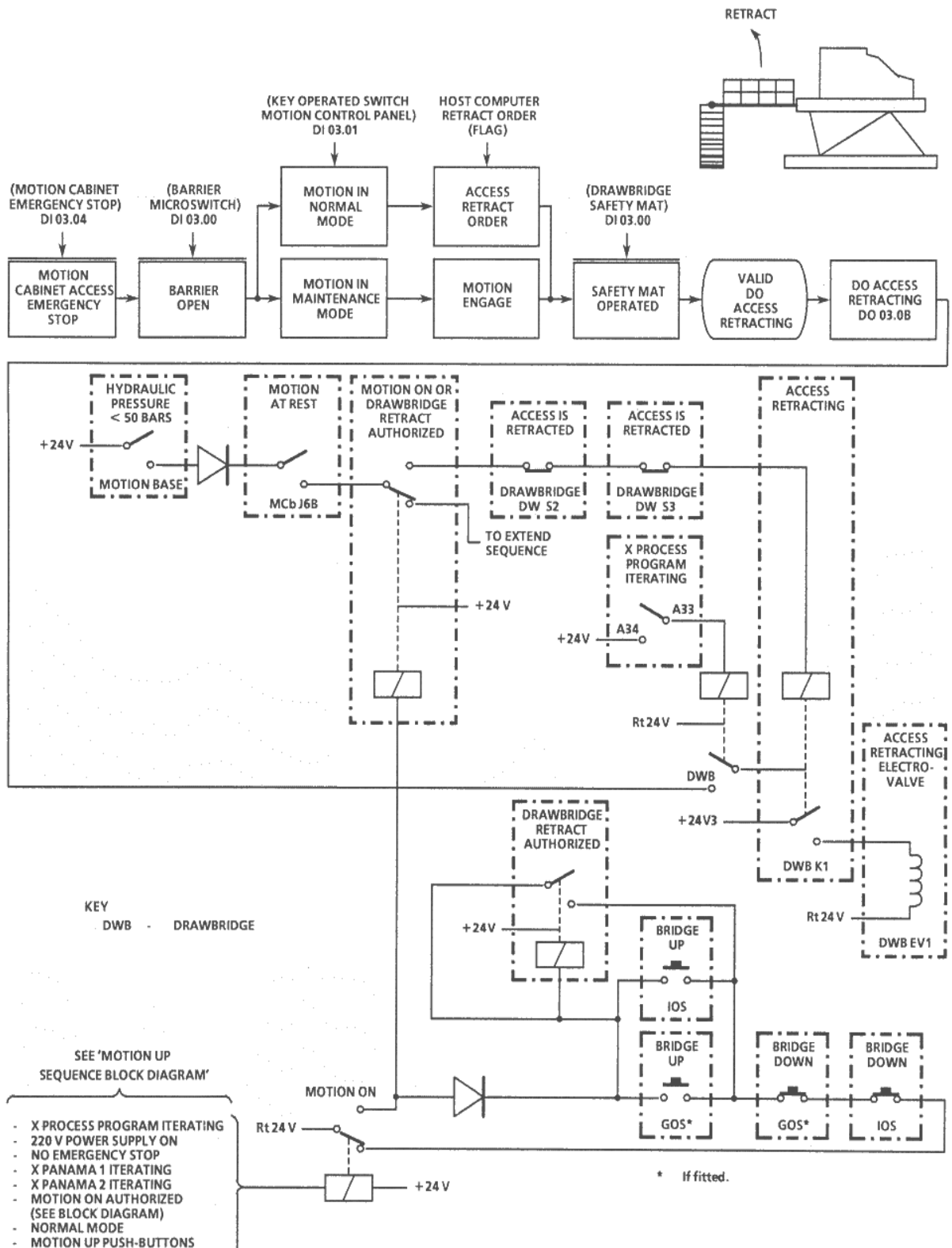
Σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας, όταν πατηθεί ο διακόπτης "BRIDGE UP" τότε ενεργοποιείται ένα ρελαί το οποίο με τη σειρά του επικυρώνει την εντολή αποτράβηξης της γέφυρας. Εάν η πίεση στο χαμηλότερο σημείο του συστήματος κίνησης είναι μικρότερη από 50 bars, εάν το σύστημα κίνησης είναι ακίνητο (οι 6 μικροδιακόπτες ενεργοποιημένοι) και εάν τρέχει το πρόγραμμα στην κάρτα X PROCESS, τότε το ρελαί K1 στο κιβώτιο εξοπλισμού (DWB) ενεργοποιείται. Το ρελαί αυτό ενεργοποιεί με τη σειρά του την ηλεκτροβαλβίδα EV1, προκαλώντας κίνηση στον άξονα κίνησης με αποτέλεσμα την αποτράβηξη της γέφυρας πρόσβασης.

Όταν ανυψωθεί πλήρως η γέφυρα πρόσβασης, οι διακόπτες DW S2 και DW S3 απενεργοποιούν το ρελαί K1 το οποίο τροφοδοτεί τον άξονα κίνησης με υδραυλικό υγρό μέσω της ηλεκτροβαλβίδα EV1.

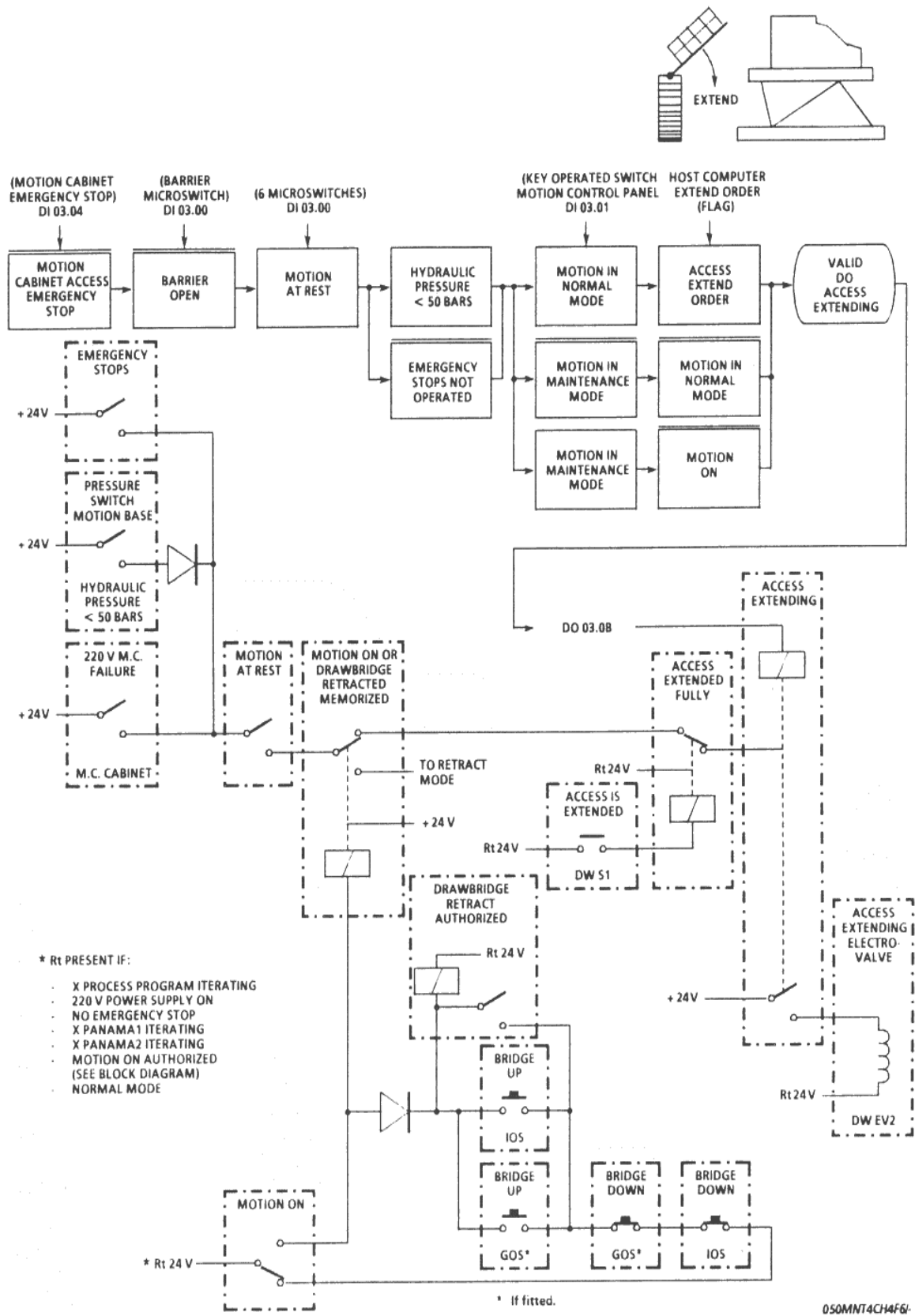
### **Επέκταση γέφυρας πρόσβασης**

Όταν διασταυρωθούν διάφορες συνθήκες ασφαλείας (όπως π.χ. πόρτες εξομοιωτή κλειστές, δεν έχουν ενεργοποιηθεί διακόπτες έκτακτης ανάγκης, η πλατφόρμα κίνησης είναι ακίνητη κλπ) και εφόσον πατηθεί ο κατάλληλος διακόπτης, τότε ενεργοποιείται μια ψηφιακή έξοδος και επιτρέπει την επέκταση της γέφυρας. Εάν το σύστημα κίνησης είναι ακίνητο (οι έξι μικροδιακόπτες ενεργοποιημένοι) και η πίεση του υδραυλικού συστήματος πέσει κάτω από τα 50 bars τότε ενεργοποιείται το ρελαί K2 το οποίο με τη σειρά του ενεργοποιεί την ηλεκτροβαλβίδα EV2 προκαλώντας έτσι την επέκταση της γέφυρας πρόσβασης. Η ενεργοποίηση κάποιου διακόπτη έκτακτης ανάγκης ή τυχόν σφάλμα στην τροφοδοσία του συστήματος, προκαλούν επέκταση της γέφυρας για διαφυγή του πληρώματος.

Όταν η γέφυρα πρόσβασης επεκταθεί πλήρως, ο διακόπτης DW S1 ανοίγει και απενεργοποιεί το ρελαί K2 το οποίο τροφοδοτούσε μέσω της ηλεκτροβαλβίδας EV2 το μηχανισμό κίνησης με υδραυλικό υγρό.



Σχήμα 72. Αλυσίδα ασφάλειας για αποτράβηξη της γέφυρας



Σχήμα 73. Αλυσίδα ασφαλείας για επέκταση της γέφυρας

# ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ IMAGE 250

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.1**

### **ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Το σύστημα οπτικής απεικόνισης Image 250 (Integrated Microprocessor Advanced Graphics Equipment) είναι συνολικά ένα ανεξάρτητο σύστημα επεξεργασίας δεδομένων, τα οποία εξάγει από μια βάση δεδομένων, τα επεξεργάζεται και παρουσιάζει τις παραγόμενες εικόνες στο πλήρωμα του εξομοιωτή πτήσης. Αυτές οι σκηνές αναπαριστούν γνωστά αεροδρόμια και την περιβάλλουσα μορφολογία του εδάφους. Με τις ενέργειες αυτές, το σύστημα απεικόνισης παρέχει ένα εκτεταμένο εύρος παραγόμενων εικόνων, καθιστώντας έτσι τον εξομοιωτή πτήσης πιστό αντίγραφο του πραγματικού αεροσκάφους.

Με τον οπτικό παραλληλισμό των παραγόμενων εικόνων, η απόσταση του παρατηρητή από οποιοδήποτε χαρακτηριστικό γνώρισμα μέσα στο οπτικό πεδίο του εμφανίζεται να είναι η ίδια όπως ακριβώς συμβαίνει και στην πραγματικότητα.

Οι εικόνες αποτελούνται από έναν συνδυασμό φωτεινών σημείων (lightpoints) και επιφανειών και παρουσιάζονται στο πλήρωμα του εξομοιωτή έγχρωμες και σε συνθήκες μέρας, λυκόφωτος και νύχτας.

Οι παραγόμενες σκηνές μπορούν να περιέχουν διάφορα αντικείμενα. Ωστόσο, η ορατότητα και οι καιρικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν την διακρίσιμότητα των αντικειμένων.

Η παραγόμενη σκηνή μπορεί χαρακτηριστικά να περιλαμβάνει:

- Το διάδρομο προσγείωσης και τα φώτα προσέγγισης.
- Φωτισμό αεροδρομίων και πόλεων.
- Διαδρόμους τροχοδρόμησης και βοηθητικούς διαδρόμους.
- Κτίρια του αεροδρομίου.
- Κινούμενα φώτα που αναπαριστούν κίνηση αυτοκινήτων.
- Κινούμενα οχήματα και αεροσκάφη.
- Φώτα τα οποία αναβοσβήνουν (strobes, beacons).
- Θάλασσα.
- Λόφους, ποτάμια, κοιλάδες κλπ.
- Αστέρια.
- Ακτινοβολία ορίζοντα.
- Άσχημες καιρικές συνθήκες/φαινόμενα χαμηλής ορατότητας.

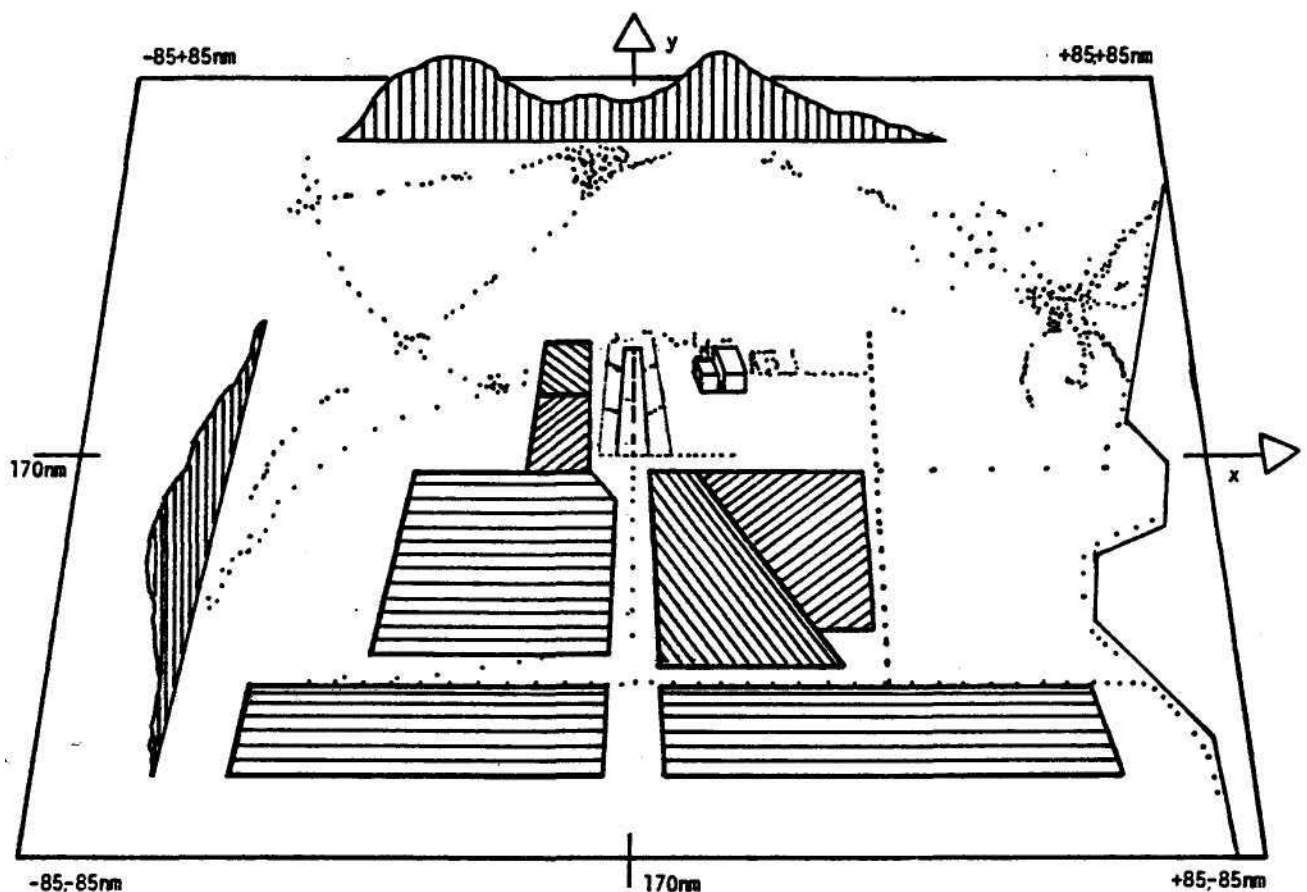
### ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι βάσεις δεδομένων του συστήματος οπτικής απεικόνισης είναι μια λογισμική αναπαράσταση μιας περιοχής. Αποτελούν πιστό αντίγραφο μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας, όπως π.χ. ενός αεροδρομίου ή μιας πόλης και ενσωματώνουν και το έδαφος γύρω από αυτή την περιοχή. Επίσης, ενσωματώνουν πληροφορίες έντασης και χρώματος που κωδικοποιούνται σε ένα τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα αξόνων.

Μια απλή βάση δεδομένων μπορεί να καλύψει μια πραγματική περιοχή έκτασης 170 x 170 ναυτικών μιλίων. Πρακτικά, η έκταση της καλυπτόμενης περιοχής εξαρτάται από τον αριθμό των αντικειμένων που περιέχονται σε αυτή. Όσο πιο πολλά αντικείμενα περιέχονται, τόσο μικρότερη είναι η περιοχή.

Οι γεωγραφικοί χάρτες και τα διαγράμματα χρησιμοποιούνται για να σχεδιαστεί η θέση κάθε χαρακτηριστικού γνωρίσματος μέσα στη βάση δεδομένων. Αυτή η θέση είναι μια καρτεσιανή συντεταγμένη, που παραπέμπει σε ένα συγκεκριμένο σημείο μέσα στη βάση δεδομένων και αποτελεί την αρχή της. Στις βάσεις δεδομένων που διαμορφώνονται γύρω από έναν αερολιμένα, η αρχή τους είναι συνήθως το κατώτατο όριο αξόνων του κυρίως διαδρόμου.

Η θέση και οι διαστάσεις κάθε χαρακτηριστικού γνωρίσματος κωδικοποιούνται ψηφιακά και αποθηκεύονται σε δίσκο έτοιμο για χρήση.



Σχήμα 74. Μοντέλο βάσης δεδομένων αεροδρομίου

Αυτή η βάση δεδομένων είναι αποθηκευμένη σ' ένα δίσκο και φορτώνεται στη μνήμη του υπολογιστή όταν το αεροσκάφος είναι κοντά στην περιοχή που καλύπτεται από τη βάση δεδομένων. Ένας μεγάλος αριθμός βάσεων δεδομένων μπορεί να διατηρηθεί σε δίσκο έτσι ώστε και οι μεγάλες σε έκταση περιοχές να μπορούν να αναπαρασταθούν.

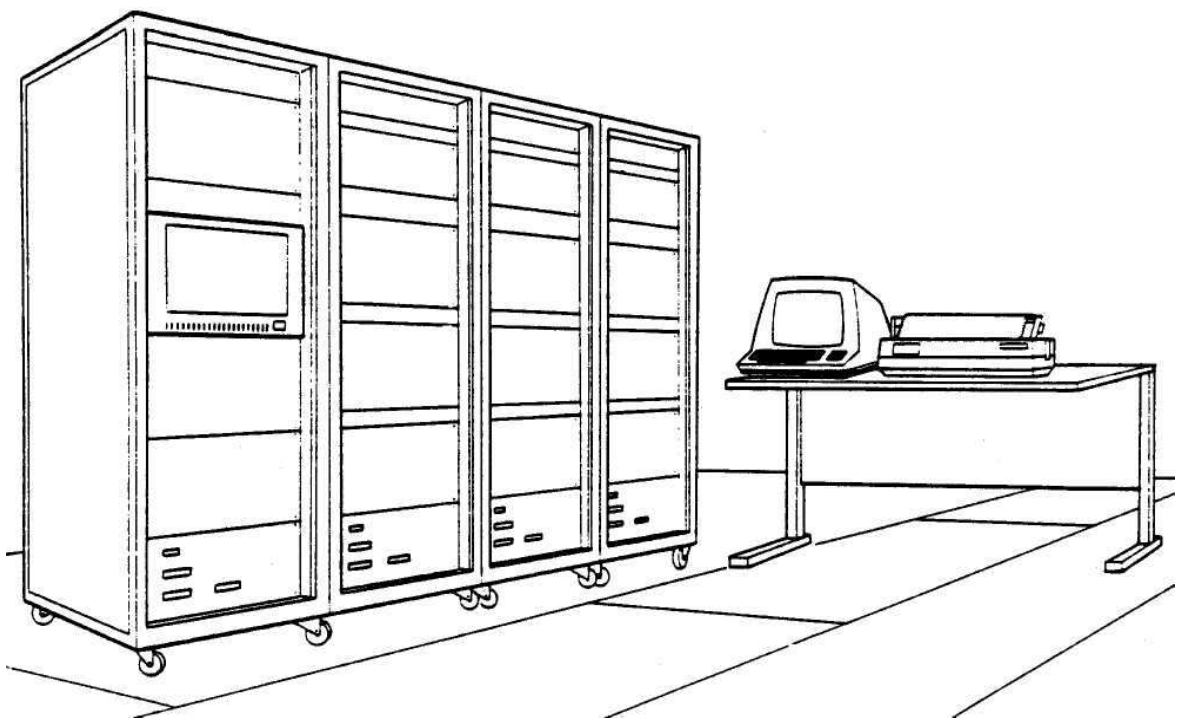
Το λογισμικό του συστήματος επεξεργάζεται τα δεδομένα που αφορούν τα φωτεινά σημεία και τις επιφάνειες, τα οποία καθορίζονται από μια άλλη βάση δεδομένων και γράφει τα κωδικοποιημένα δεδομένα σ' ένα δίσκο του υπολογιστή. Τα κωδικοποιημένα δεδομένα βασικά αποτελούνται από κώδικες οδηγίας για το hardware του συστήματος και υποβάλλονται σε επεξεργασία από τον επεξεργαστή εικόνας (IPU and IGU).

### ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

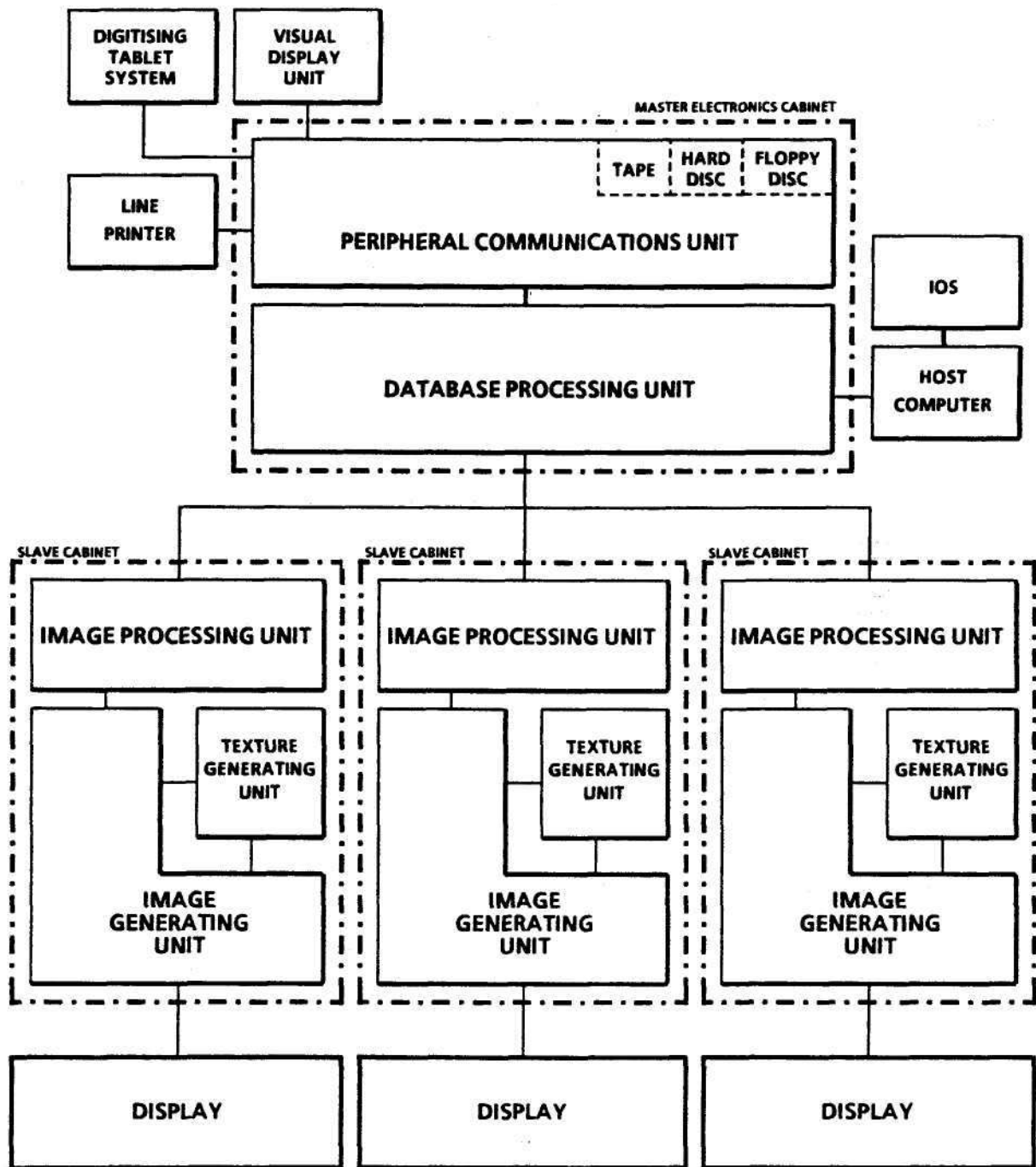
Για να επιλέξει αποτελεσματικά το λογισμικό επεξεργασίας βάσεων δεδομένων τα κατάλληλα κομμάτια της που πρέπει να απεικονιστούν, κάθε βάση δεδομένων χωρίζεται σε τμήματα. Κάθε τμήμα καλύπτει μιας ορισμένη γεωγραφική περιοχή. Η ποσότητα των δεδομένων που περιλαμβάνονται σ' ένα τμήμα καθορίζεται από το μέγιστο μήκος των κωδικοποιημένων δεδομένων (256 words).

Το σύστημα IMAGE 250 περιλαμβάνει ουσιαστικά πέντε μέρη :

- Μονάδα επικοινωνίας περιφερειακών (PCU).
- Μονάδα επεξεργασίας βάσης δεδομένων (DPU).
- Μονάδα επεξεργασίας εικόνας (IPU).
- Μονάδα παραγωγής εικόνας (IGU).
- Σύστημα απεικόνισης.



Σχήμα 75. Σύστημα IMAGE 250



Σχήμα 76. Μπλοκ διάγραμμα συστήματος IMAGE 250

#### ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΩΝ (PCU)

Η μονάδα PCU (Peripheral Communications Unit) περιέχει όλα τα πακέτα λογισμικού που χρησιμοποιούνται για να επιλέξουν και να διαμορφώσουν τις βάσεις δεδομένων που φορτώνονται στη μνήμη του υπολογιστή υπολογιστών. Βασίζεται σ' ένα επεξεργαστή Intel 286 και χρησιμοποιεί λειτουργικό σύστημα RMX. Πλαισιώνεται από σκληρό δίσκο 40 Mbyte, από 1 Mbyte floppy disk και μια οθόνη. Όλα τα περιφερειακά συστήματα επικοινωνούν με την PCU και επιτρέπει την δημιουργία και τροποποίηση των βάσεων δεδομένων όταν το σύστημα είναι on-line.



**ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DPU)**

Η μονάδα DPU (Database Processing Unit) χρησιμοποιεί επεξεργαστή 8086 και διαθέτει τρία κανάλια (4 παράθυρα) τα οποία μεταξύ τους είναι ανεξάρτητα. Τέλος, περιλαμβάνει 6 κάρτες CPU με 64 Kbytes μνήμης η κάθε μία.

Το λογισμικό της DPU διαχειρίζεται τις βάσεις δεδομένων όσον αφορά ποια τμήματα τους θα επιλεχθούν για απεικόνιση, με ποια προτεραιότητα καθώς και σε ποια επίπεδα έντασης και ορατότητας. Αυτό γίνεται μετά από επεξεργασία των παραμέτρων ύψους και ταχύτητας του αεροσκάφους που λαμβάνει η DPU από τον κεντρικό υπολογιστή. Όλες οι επιλογές του εκπαιδευτή του πληρώματος (π.χ. επιλογή αεροδρομίων, καιρικών συνθηκών) πραγματοποιούνται μέσω της μονάδας DPU, πριν η έξοδος οδηγηθεί στη μονάδα IPU.

Επιπρόσθετα, από την μονάδα αυτή γίνεται και ο έλεγχος συγχρονισμού του συστήματος προκειμένου να διατηρηθεί μια βέλτιστη εικόνα.

**ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ (IPU)**

Η μονάδα IPU (Image Processing Unit) επιτελεί τον απαραίτητο μετασχηματισμό πάνω στα 3-D δεδομένα που παρέχονται από την DPU με σκοπό να παραχθούν 2-D πληροφορίες απεικόνισης που θα τροφοδοτήσει την μονάδα IGU.

**ΜΟΝΑΔΑ IGU**

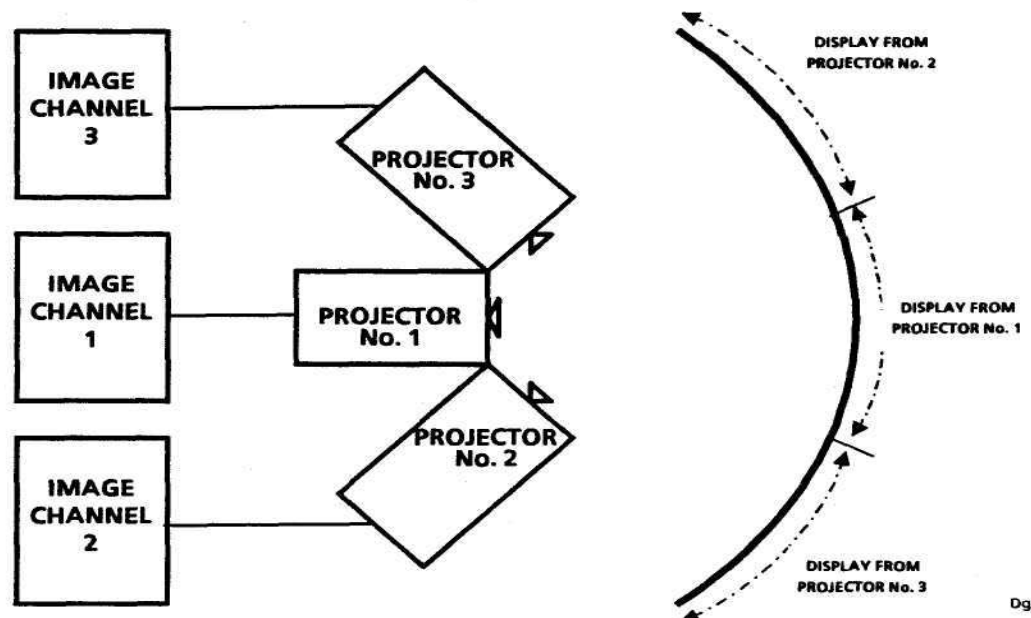
Η μονάδα IGU (Image Generator Unit) παίρνει πληροφορίες για την δισδιάστατη εικόνα και παράγει το σήμα εξόδου βίντεο. Οι ικανότητες επεξεργασίας της IGU περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να αναπαραχθούν οι επιφάνειες και τα φωτεινά σημεία με σειρά προτεραιότητας. Η IGU μπορεί να παράγει σκηνές με ανάλυση πάνω από 1000 γραμμές, καθεμιά από τις οποίες περιέχει 1000 pixels. Η επιφάνεια σκίασης, η αλλαγή της έντασης των φωτεινών σημείων τα οποία επηρεάζονται άμεσα από την IGU έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ρεαλιστικών εικόνων.

## Κεφάλαιο 3.2

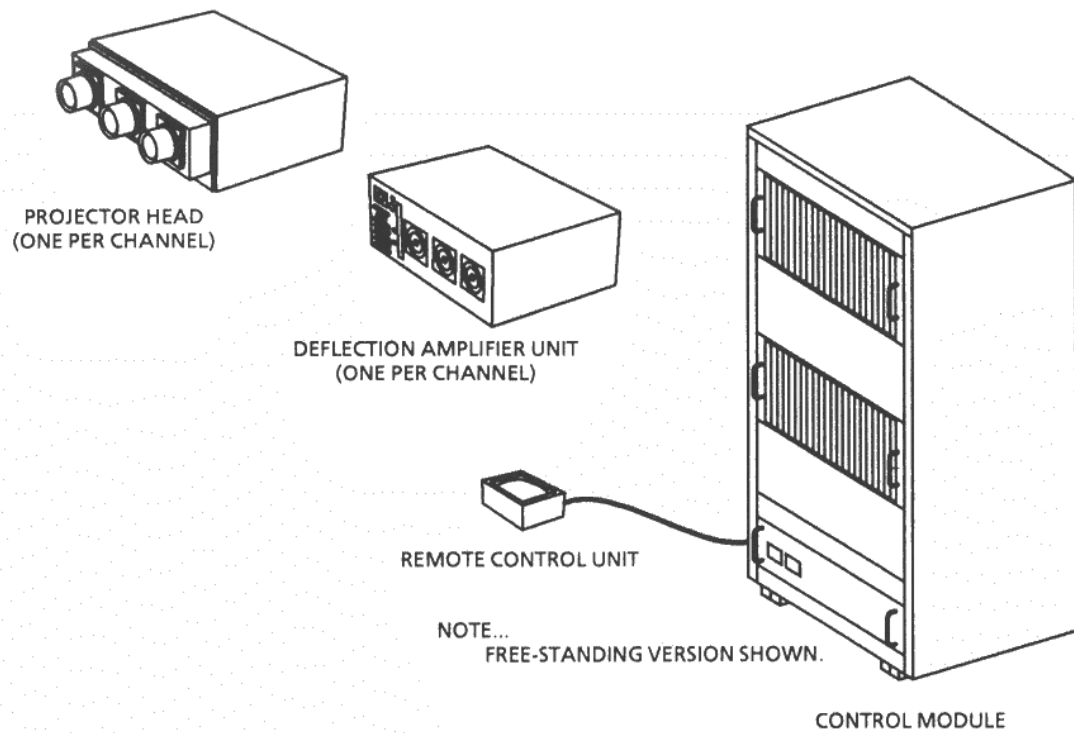
### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

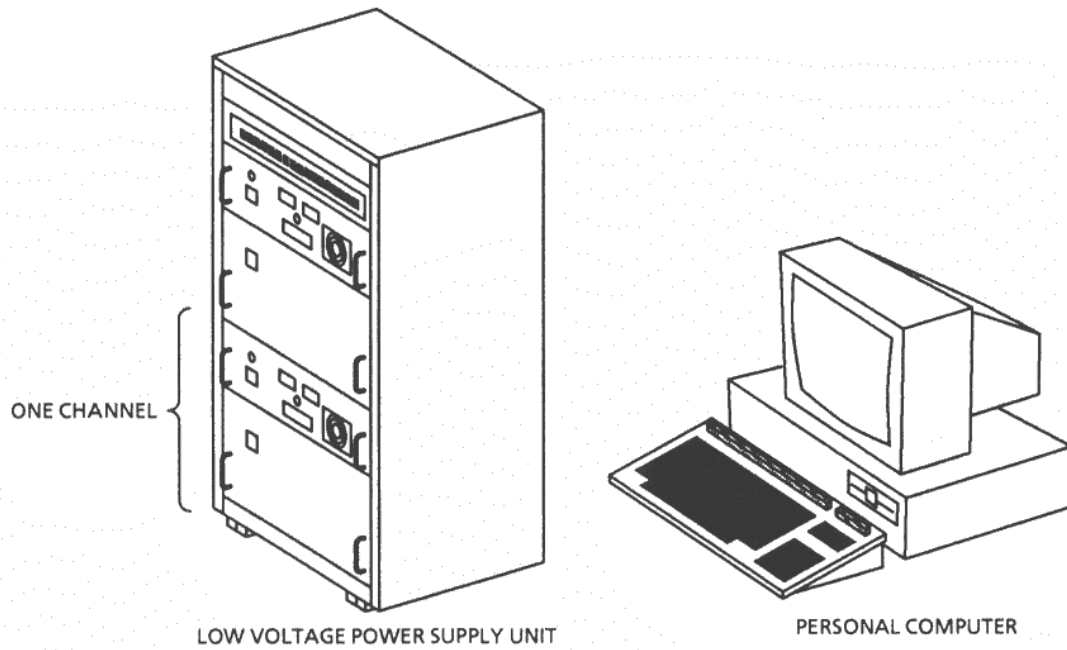
Το σύστημα οπτικής απεικόνισης του IMAGE 250 (VISUAL) το οποίο περιγράφεται εδώ, είναι ένα σύστημα τριών καναλιών καθένα από τα οποία έχει ένα βιντεοπροβολέα (σχήμα 77). Οι τρεις συνολικά βιντεοπροβολείς του συστήματος αποτελούν ένα παράλληλο σύστημα οπτικής απεικόνισης ευρείας γωνίας, παρέχοντας ένα συνεχώς πανοραμικό πεδίο. Το συνολικό πεδίο απεικόνισης για κάθε πιλότο φτάνει τις 150° οριζοντίως, τις 40° καθέτως και επιτρέπει στον καθένα που θα βρεθεί στο πιλοτήριο να παρατηρήσει τον ορίζοντα όπως ακριβώς θα γινόταν και στο πραγματικό αεροσκάφος. Κάθε κανάλι έχει ανάλυση 756000 pixels και μπορεί να απεικονίσει μέχρι 4800 φωτεινά σημεία και 256 επιφάνειες σε 64 χρώματα. Οι βασικές συσκευές του συστήματος φαίνονται στο σχήμα 78.



Σχήμα 77. Γενική εικόνα συστήματος επίδειξης



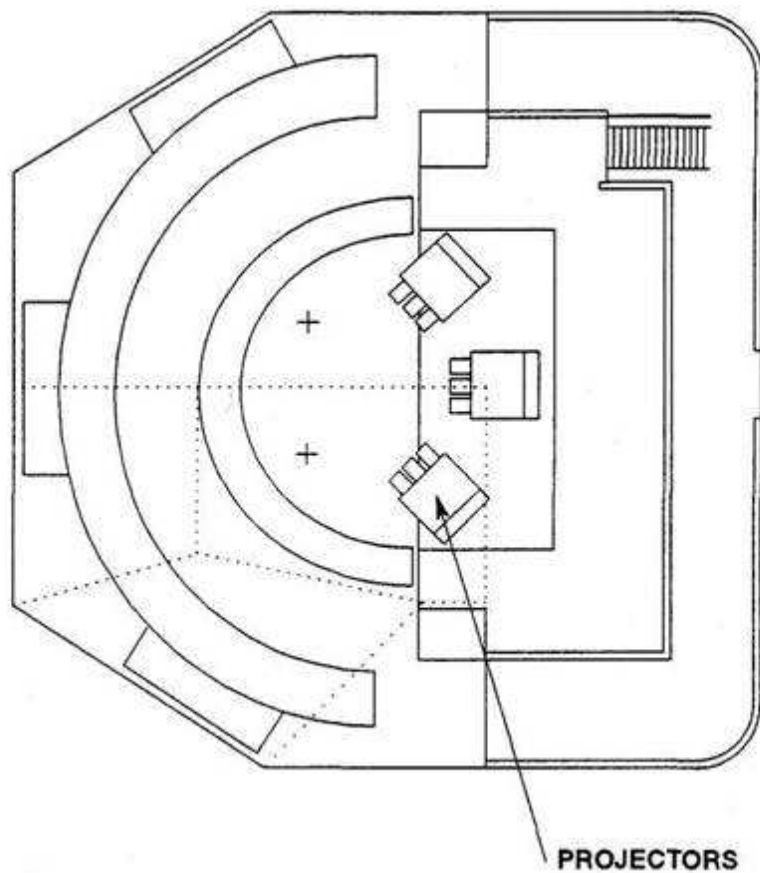
ON-BOARD  
-----  
COMPUTER ROOM



Σχήμα 78. Βασικές μονάδες συστήματος

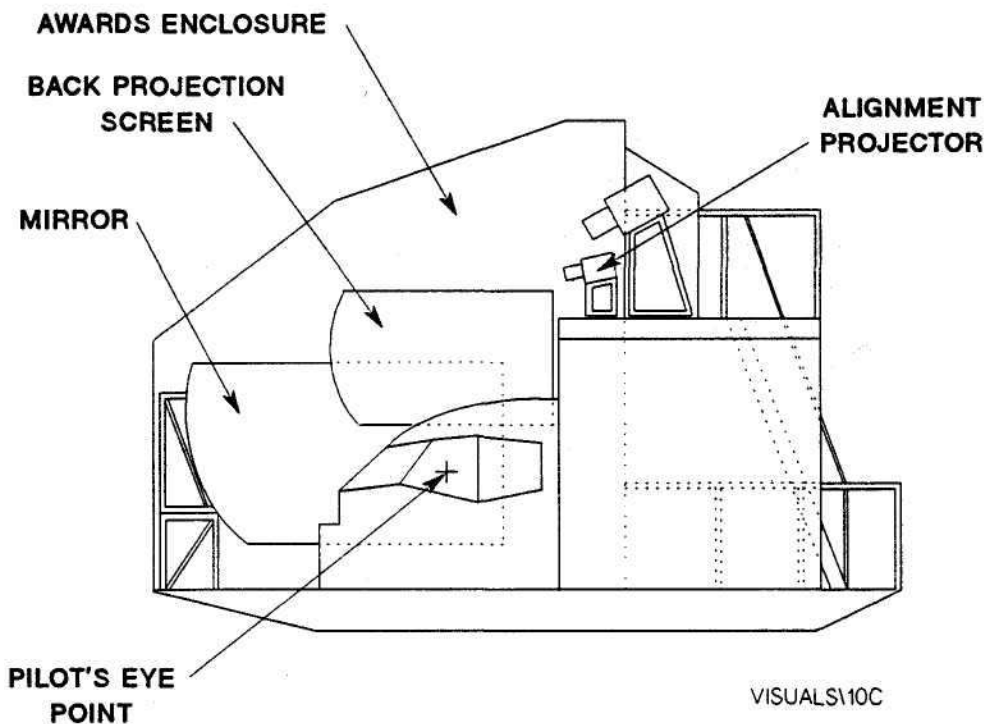
### **ΒΙΝΤΕΟΠΡΟΒΟΛΕΙΣ**

Οι βιντεοπροβολείς είναι τοποθετημένοι στην πλατφόρμα κίνησης, επάνω από το πιλοτήριο και παράγουν εικόνες σε μια σφαιρική οθόνη οπίσθιας προβολής που βρίσκεται πάνω από τα παράθυρα του πιλοτηρίου. Οι εικόνες που προβάλλονται από κάθε κανάλι ευθυγραμμίζονται προσεκτικά έτσι ώστε να δίνεται η αίσθηση μιας συνεχόμενης σκηνής. Η σκηνή αυτή φτάνει στα μάτια του πληρώματος μέσω μιας συστοιχίας καθρεπτών η οποία έχει κοίλο σχήμα και έχει τοποθετηθεί έτσι ώστε να γίνεται πλήρη ανάκλαση από την οθόνη οπίσθιας προβολής. Το πλήρες σύστημα απεικονίζεται στα σχήματα 79 και 80. Χαρακτηρίζεται από απόλυτη γεωμετρική ακρίβεια, από υψηλή ανακλαστικότητα και από την ευκολία ευθυγράμμισης και ταιριάσματος των εικόνων.



**Σχήμα 79. Πλήρες σύστημα απεικόνισης**

Η οθόνη οπίσθιας προβολής είναι κατασκευασμένη από ακρυλικό υλικό αεροναυπηγικών προδιαγραφών. Ο καθρέφτης έχει διαμορφωθεί σε μια σφαιρική επιφάνεια έκτασης 120 ιντσών. Αποτελείται από τρία τμήματα, ένα για κάθε κανάλι. Η συστοιχία καθρεπτών έχει κατασκευαστεί και στερεωθεί με τέτοιο τρόπο μέσα στην πλατφόρμα κίνησης, ώστε να αντέχει επιτάχυνση πάνω από 2,5 g.



**Σχήμα 80. Πλήρες σύστημα απεικόνισης**

Κάθε βιντεοπροβολέας περιλαμβάνει ένα κόκκινο, ένα πράσινο και ένα μπλε καθοδικό σωλήνα (CRT), καθώς και τους κατάλληλους οπτικούς φακούς και τα ηλεκτρονικά συστήματα. Κάθε βιντεοπροβολέας συνοδεύεται από μια κάρτα G2 και από τρεις κάρτες Video Amplifiers. Επίσης, περιλαμβάνεται και η μονάδα EHT η οποία παρέχει την υψηλή τάση (32 KV) που απαιτούν οι καθοδικοί σωλήνες (ηλεκτρόδια ανόδου και εστίασης).

#### **ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΔΕΣΜΗΣ (DEFLECTION AMPLIFIER)**

Κάθε βιντεοπροβολέας περιλαμβάνει και τρεις ενισχυτές απόκλισης δέσμης, ένα για κάθε CRT, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι από κάτω του. Οι ενισχυτές αυτοί παρέχουν υψηλή τάση στα πηνία των CRT's με σκοπό να γίνεται η σάρωση.

#### **ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Η μονάδα ελέγχου περιέχει τον κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό ώστε να γίνεται η επεξεργασία των σημάτων απεικόνισης. Τα σήματα αυτά προέρχονται από το IMAGE 250 και παράγει τα σήματα οδήγησης για τους βιντεοπροβολείς και για τους ενισχυτές απόκλισης δέσμης. Η μονάδα ελέγχου είναι τοποθετημένη στην πλατφόρμα κίνησης.

#### **ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ**

Η μονάδα τηλεχειρισμού (Remote Control Unit, RCU) διαθέτει μια οθόνη αφής η οποία είναι η πρωταρχική διασύνδεση μεταξύ του συστήματος απεικόνισης και του τεχνικού. Το RCU δεν απαιτείται κατά την κανονική λειτουργία του συστήματος και συνδέεται μέσω καλωδίου με την μονάδα ελέγχου μέσα από το πιλοτήριο του εξομοιωτή. Ο κύριος ρόλος της μονάδας αυτής είναι η ρύθμιση του συστήματος.

#### **ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Τα τροφοδοτικά χαμηλής ισχύος (LVPSU) παρέχουν DC τάσεις στους βιντεοπροβολείς και στους ενισχυτές απόκλισης δέσμης και τροφοδοτούν με AC τάση την μονάδα ελέγχου που βρίσκεται εκτός πλατφόρμας. Κάθε κανάλι του συστήματος απεικόνισης (δηλ. κάθε

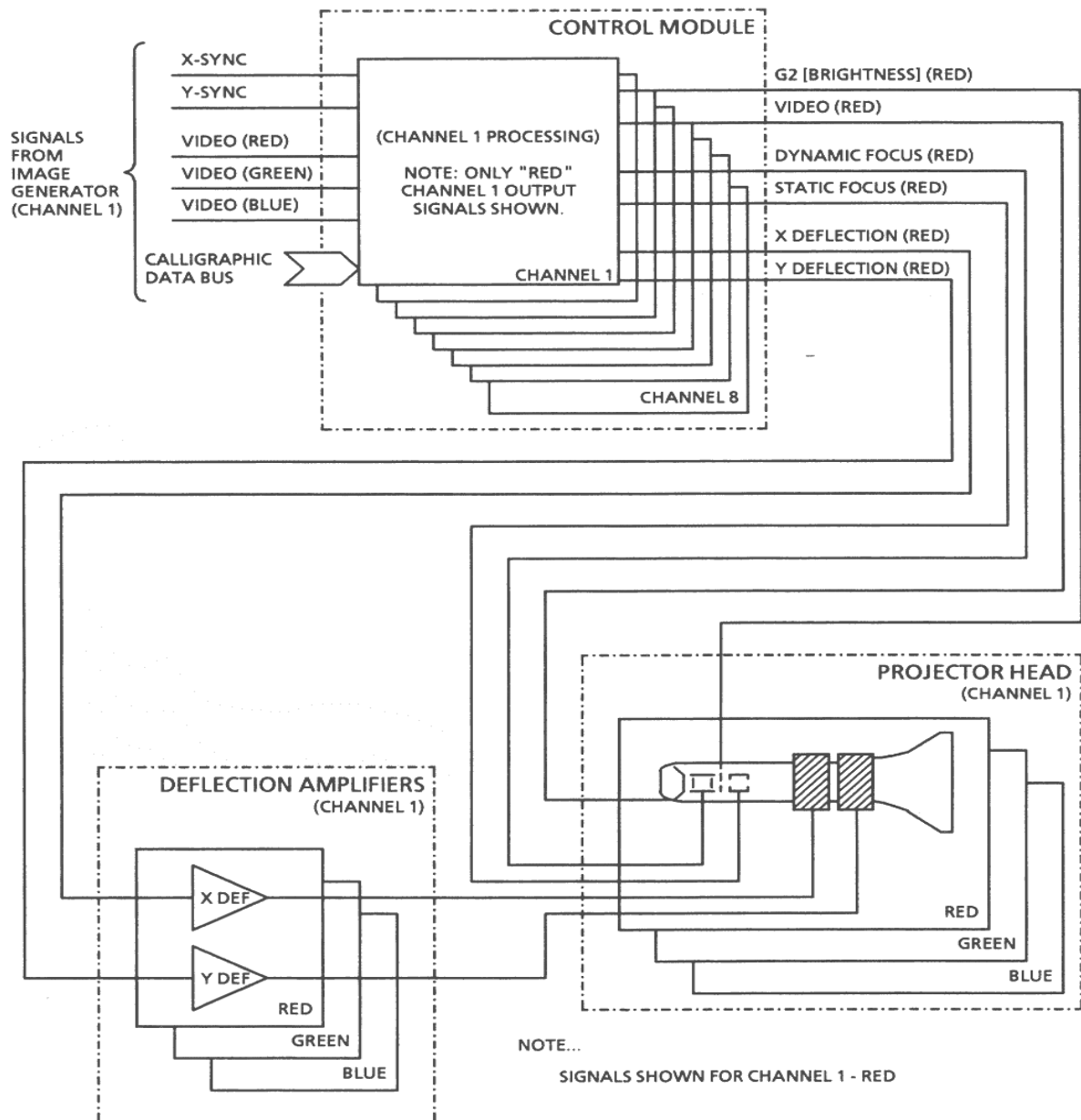
βιντεοπροβολέας) απαιτεί ένα τέτοιο τροφοδοτικό και ένα ενισχυτή απόκλισης δέσμης.

### ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ

Ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής IBM είναι τοποθετημένος στο δωμάτιο υπολογιστών και δεν απαιτείται κατά την κανονική λειτουργία του συστήματος. Χρησιμοποιείται για την αρχειοθέτηση δεδομένων τα οποία παράγονται κατά την ρύθμιση του συστήματος. Επίσης, περιέχει στοιχεία υποστήριξης του συστήματος, όπως το διαγνωστικό Built-in- Test (BIT).

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

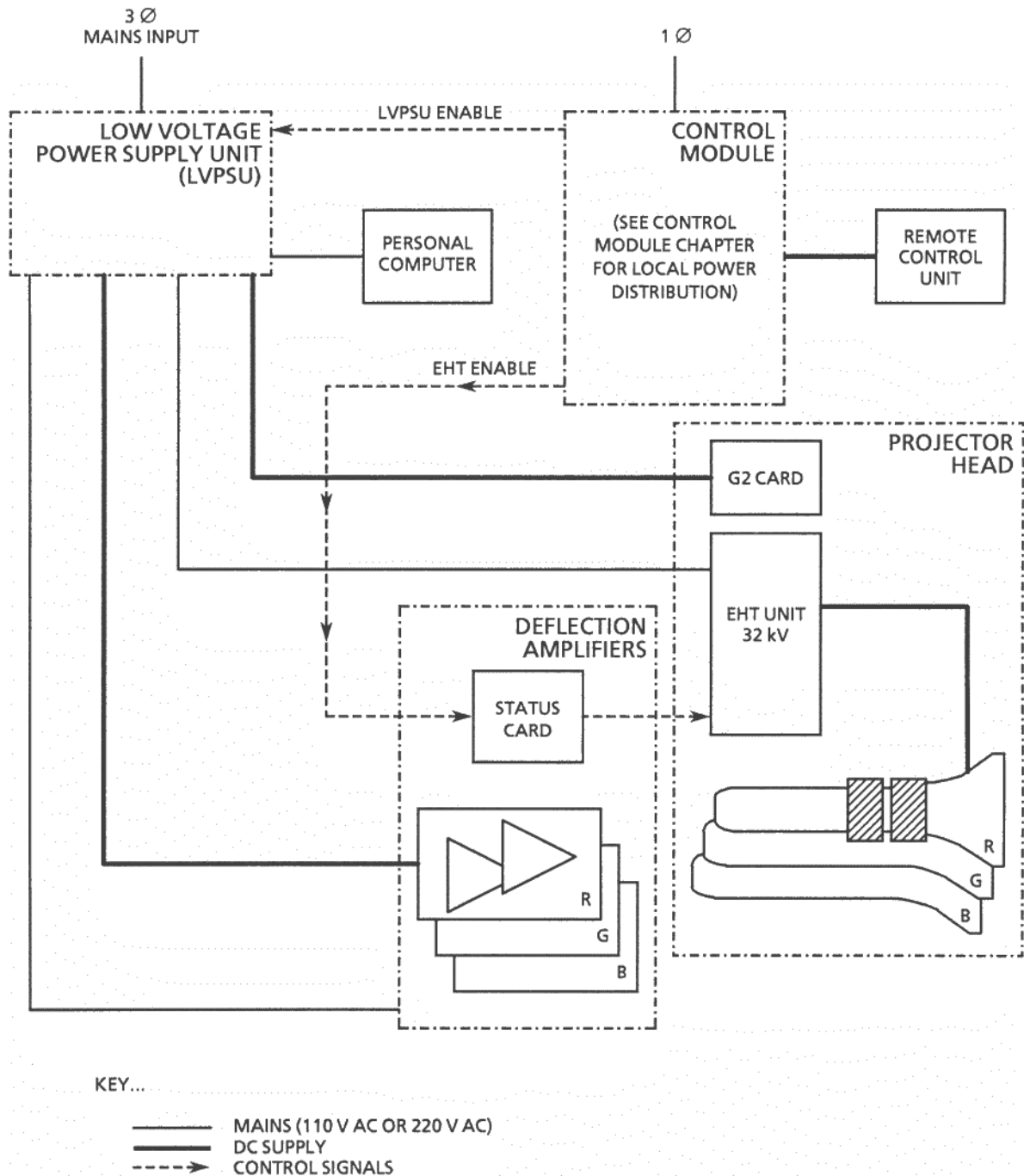
Οι βιντεοπροβολείς απεικόνισης δέχονται συμβατικά αναλογικά σήματα video (RGB video), δύο σήματα συγχρονισμού από την γεννήτρια σήματος (IMAGE 250) καθώς και δεδομένα calligraphic μέσω ενός ψηφιακού διαύλου. Το σύστημα οπτικής απεικόνισης ενσωματώνει όλη την κατάλληλη τεχνολογία έτσι ώστε να διορθώνονται οι τυχόν διαστρεβλώσεις της εικόνας όταν αυτή προβάλλεται από τα τρία γειτονικά κανάλια. Η κύρια ροή σημάτων φαίνεται στο σχήμα 81.



Σχήμα 81. Κύρια ροή σημάτων

Τα σήματα από την γεννήτρια σημάτων κατευθύνονται προς την μονάδα ελέγχου. Εκεί επεξεργάζονται και μετατρέπονται σε αναλογικά σήματα. Κατόπιν, στους ενισχυτές απόκλισης δέσμης (Deflection Amplifier) υφίστανται ενίσχυση υψηλής τάσης για να είναι σε θέση να οδηγήσουν τα πηνία των CRT's.

Η κύρια ισχύ του παρέχεται από τα LVPSU τα οποία τροφοδοτούν τόσο με AC όσο και με DC τάσεις όλες τις υπομονάδες του συστήματος οπτικής απεικόνισης (VISUAL). Στο σχήμα 82 απεικονίζονται όλες οι κύριες συνδέσεις.



Σχήμα 82. Κύριες συνδέσεις

Κατά την διάρκεια κανονικής λειτουργίας του συστήματος, η μονάδα τηλεχειρισμού (RCU) και το IBM PC δεν χρησιμοποιούνται. Οι μονάδες αυτές βοηθούν στις διαδικασίες ρύθμισης και στη διάγνωση ελαττωμάτων.

#### **ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Η ρύθμιση του συστήματος είναι απαραίτητη κατά την αρχική εγκατάσταση αλλά και σε περιοδικά διαστήματα, ιδιαίτερα μετά από αντικατάσταση οπτικών φακών και CRT. Η ρύθμιση γίνεται αποκλειστικά μέσα από το RCU και όλες οι ρυθμίσεις έχουν επιπτώσεις στα στοιχεία που φυλάσσονται μέσα στην μονάδα ελέγχου.

Τα στοιχεία που παράγονται έτσι μπορούν να αποθηκευτούν στην μνήμη EPROM μέσα στην μονάδα ελέγχου και να σωθούν ως αρχεία στο PC.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.3

### ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

#### ΣΗΜΑΤΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ CRT

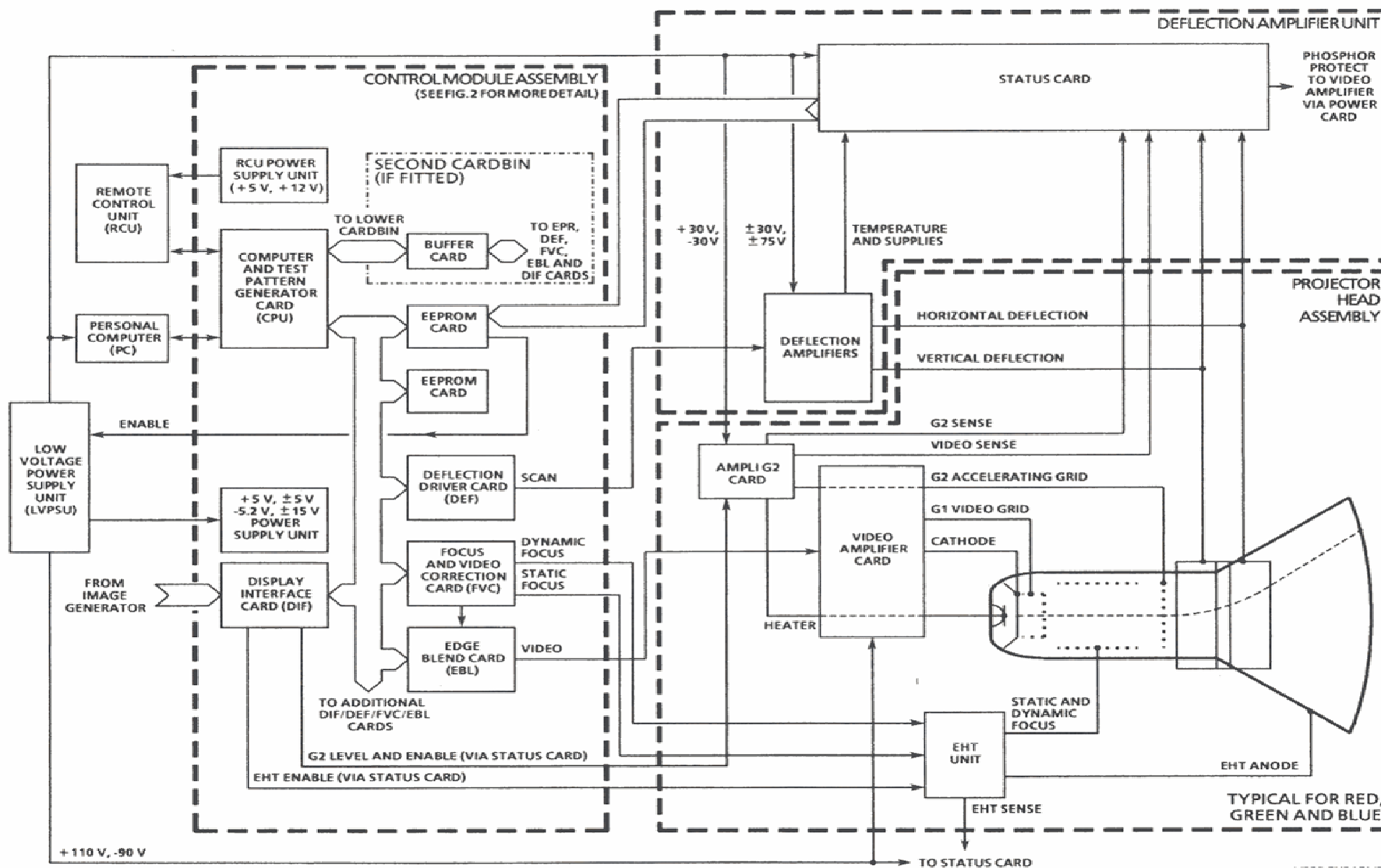
Το σχήμα 83 παρουσιάζει τα σήματα που απαιτούνται για να οδηγήσουν ένα CRT, ενός χρώματος, ενός καναλιού του συστήματος βιντεοπροβολέων. Το σχήμα αυτό παρουσιάζει μια γενική άποψη του συστήματος. Τα LVPSU, οι μονάδες ελέγχου, τα τροφοδοτικά υψηλής τάσης (EHT) και οι ενισχυτές απόκλισης δέσμης (deflection amplifier) συνεργάζονται με σκοπό την παραγωγή σημάτων οδήγησης των CRT των βιντεοπροβολέων. Συνοπτικά, τα σήματα αυτά είναι :

- 6.3 V dc για την θέρμανση του CRT.
- Το σήμα καθόδου, το οποίο οδηγείται από την κάρτα video amplifier για να διαμορφώσει τη δέσμη ηλεκτρονίων.
- Το σήμα G2, το οποίο επιταχύνει τη δέσμη ηλεκτρονίων προς την επιφάνεια φωσφόρου του CRT. Το G2 μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί. Όταν είναι απενεργοποιημένο ηλεκτρόνια δεν φθάνουν στην φωσφορούχα επιφάνεια με συνέπεια να μην υπάρχει απεικόνιση και η οθόνη να είναι μαύρη. Το επίπεδο της τάσης του σήματος G2 μπορεί να ρυθμιστεί από 0 V μέχρι 850 V. Τυπική τάση λειτουργίας είναι τα 750 V.
- Τα σήματα στατικής και δυναμικής εστίασης. Η στατική εστίαση εστιάζει τα ηλεκτρόνια σε μια στενή δέσμη, ενώ η δυναμική εστίαση τροποποιεί την εστίαση ως κινήσεις δέσμης πέρα από το φωσφόρο.
- Το σήμα ανόδου EHT. Το σήμα αυτό επιταχύνει τα ηλεκτρόνια προς το φώσφορο των CRT's. Η τάση EHT είναι 32 kV.
- Τα σήματα οριζόντιας και κάθετης απόκλισης. Το μαγνητικό πεδίο το οποίο παράγεται από τα πηνία απόκλισης μετακινεί τη δέσμη στην απαιτούμενη θέση πάνω στο φώσφορο.

Οι οριζόντιες και οι κάθετες αποκλίσεις της δέσμης έχουν ως σκοπό την σάρωση επιφανειών και γραμμών. Η σάρωση κατά την X κατεύθυνση καθορίζεται σαν σάρωση επιφανειών (αργή), ενώ η σάρωση κατά την Y κατεύθυνση καθορίζεται σαν σάρωση γραμμών (γρήγορη).

Οι βιντεοπροβολείς του συστήματος καθώς και οι ενισχυτές απόκλισης δέσμης τροφοδοτούνται από τα LVPSU. Η κάρτα παραγωγής του σήματος G2, η οποία είναι τοποθετημένη κοντά στους βιντεοπροβολείς, μετατρέπει τα  $\pm 15$  V από τα LVPSU σε κατάλληλη τάση για τις κάρτες video amplifiers. Τα σήματα ενεργοποίησης της G2 λαμβάνονται από την μονάδα ελέγχου. Τέλος, μια κάρτα η οποία ονομάζεται κάρτα κατάστασης (status) δίνει πληροφορίες στην μονάδα ελέγχου για τα τροφοδοτικά και για τα επίπεδα της τάσης των σημάτων οδήγησης των CRT's.

Η κάρτα video amplifier βρίσκεται στη βάση του CRT και παράγει τα σήματα καθόδου, ανταποκρινόμενη στα σήματα video από την μονάδα ελέγχου, ενώ τα σήματα απόκλισης δέσμης παράγονται από την μονάδα ελέγχου και ενισχύονται στους deflection amplifiers. Τα σήματα EHT και τα σήματα δυναμικής/στατικής εστίασης παράγονται από την μονάδα EHT, η οποία ενεργοποιείται από την μονάδα ελέγχου. Επίσης, η μονάδα ελέγχου παράγει τα σήματα σάρωσης, εστίασης και ενεργοποίησης μετά από εντολή είτε από το RCU είτε κατόπιν απαίτησης από την γεννήτρια εικόνας.



Σχήμα 83. Σύστημα βιντεοπροβολέα

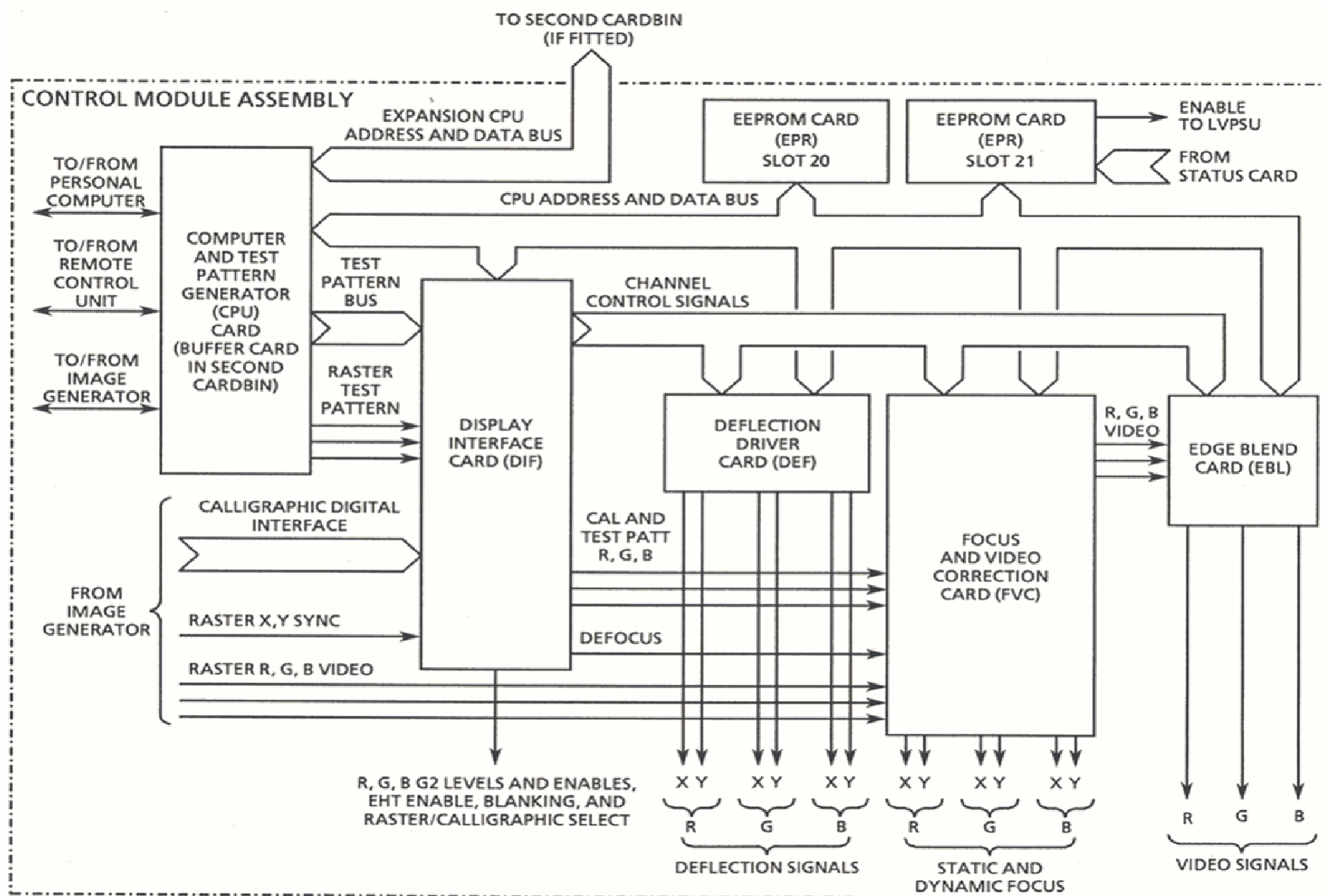
## **ΣΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Το σχήμα 83 απεικονίζει ένα μπλοκ διάγραμμα της μονάδας ελέγχου για ένα κανάλι.

## **CPU ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ**

Η κάρτα CPU διασύνδεει το σύστημα των βιντεοπροβολέων με την γεννήτρια εικόνων (IMAGE 250) και με τη μονάδα τηλεχειρισμού και ελέγχει την κίνηση των δεδομένων στη μονάδα ελέγχου. Επίσης, έχει τη δυνατότητα ελέγχου των ενισχυτών απόκλισης δέσμης και παράγει τα σχέδια δοκιμής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή εικόνας αντί του IMAGE.

Κατά την διάρκεια της ενεργοποίησης, η κάρτα CPU αρχικοποιεί το σύστημα, ελέγχει τις κάρτες στη μονάδα ελέγχου και ενεργοποιεί τα τροφοδοτικά των ενισχυτών απόκλισης δέσμης και των βιντεοπροβολέων. Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας του συστήματος, απεικονίζει μέσω οθόνης υπολογιστή πληροφορίες για του βιντεοπροβολείς και για τους ενισχυτές απόκλισης δέσμης.



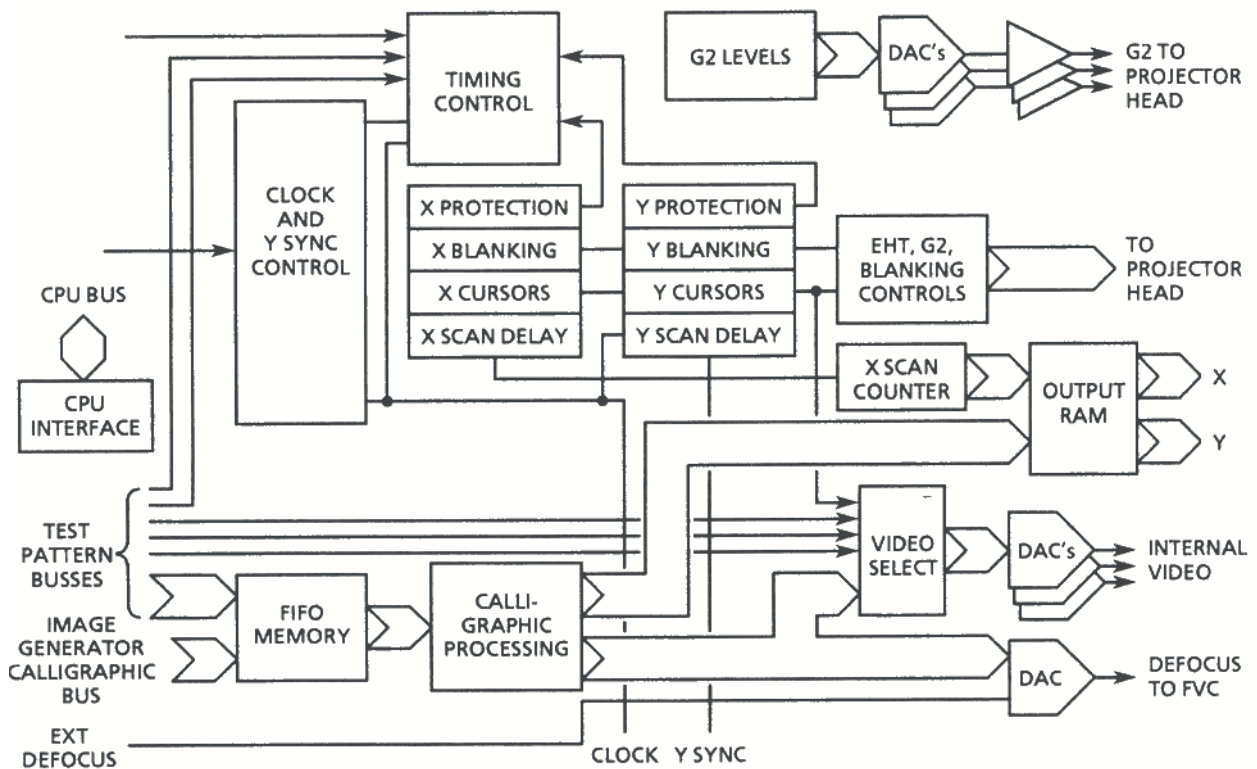
Σχήμα 84. Κάρτες μονάδας ελέγχου

## KAPTA DIF

Η κάρτα DIF παράγει τρία αναλογικά σήματα εξόδου. Τα σήματα αυτά συνδέονται στην κάρτα FVC, στην οποία ένας πολυπλέκτης επιλέγει ανάμεσα στα τρία αυτά σήματα και στην είσοδο από την γεννήτρια εικόνας. Τα σήματα βίντεο της κάρτας DIF χρησιμοποιούνται επίσης και στην παραγωγή των σχεδίων δοκιμής όταν η κατάσταση αυτή επιλεγθεί από την μονάδα τηλεχειρισμού.

Η κάρτα DIF είναι υπεύθυνη κυρίως για τον έλεγχο των χρονικών λειτουργιών του συστήματος. Παράγει παλμό ρολογιού 40 MHz και με βάση αυτό συγχρονίζονται οι σαρώσεις κατά τους άξονες X και Y. Επίσης, παράγει σήματα ελέγχου τα οποία οδηγούν τον τοπικό δίαυλο στις άλλες τρεις κάρτες επεξεργασίας.

Επίσης, η κάρτα DIF οδηγεί το σήμα G2 προς τους βιντεοπροβολείς και υπολογίζει τους χρόνους μεταξύ των διαδοχικών φωτεινών σημείων (lightpoints).



Σχήμα 85. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας DIF

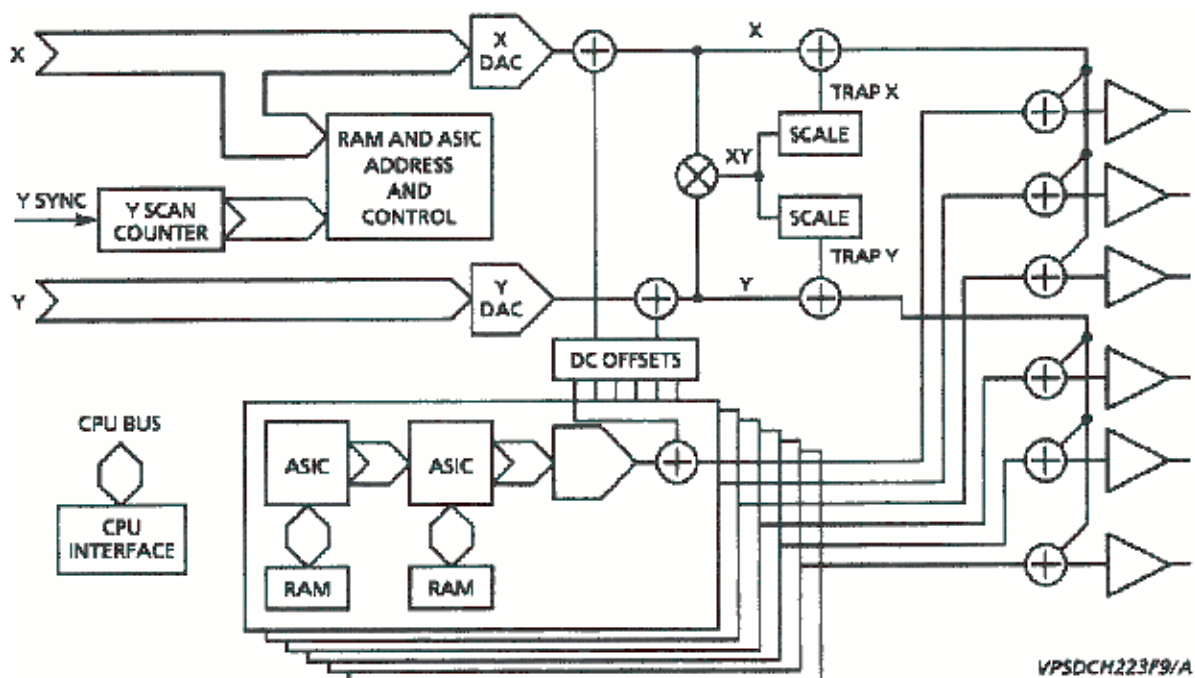
## ΚΑΡΤΑ DEF

Η κάρτα DEF (Deflection driver card):

- Λαμβάνει δεδομένα από την CPU και ξεχωρίζει τα σήματα ελέγχου για τις σαρώσεις X,Y.
- Τροποποιεί τα δεδομένα για τις αποκλίσεις X και Y. Κατά την διάρκεια της ενεργοποίησης ή μετά από απαίτηση από το RCU, οι διορθωμένες τιμές περνούν από την κάρτα EPR μέσω του διαύλου της CPU, στην κάρτα DEF. Τα διορθωμένα δεδομένα μετατρέπονται σε αναλογική μορφή.
- Παράγει το σήμα ελέγχου, το οποίο μετατρέπεται σε αναλογικό.

Επίσης, η κάρτα DEF παράγει και προωθεί έξι αναλογικά σήματα (X και Y για R, G, B) προς τους ενισχυτές απόκλισης δέσμης. Καθένα σήμα από αυτά είναι το αναλογικό άθροισμα τεσσάρων συνιστωσών:

- i) Μιας τάσης πρωταρχικής σάρωσης.
- ii) Μιας τάσης αντιστάθμισης (offset).
- iii) Μιας τραπεζοειδούς τάσης.
- iv) Μιας τάσης που προέρχεται από διόρθωση δεδομένων.

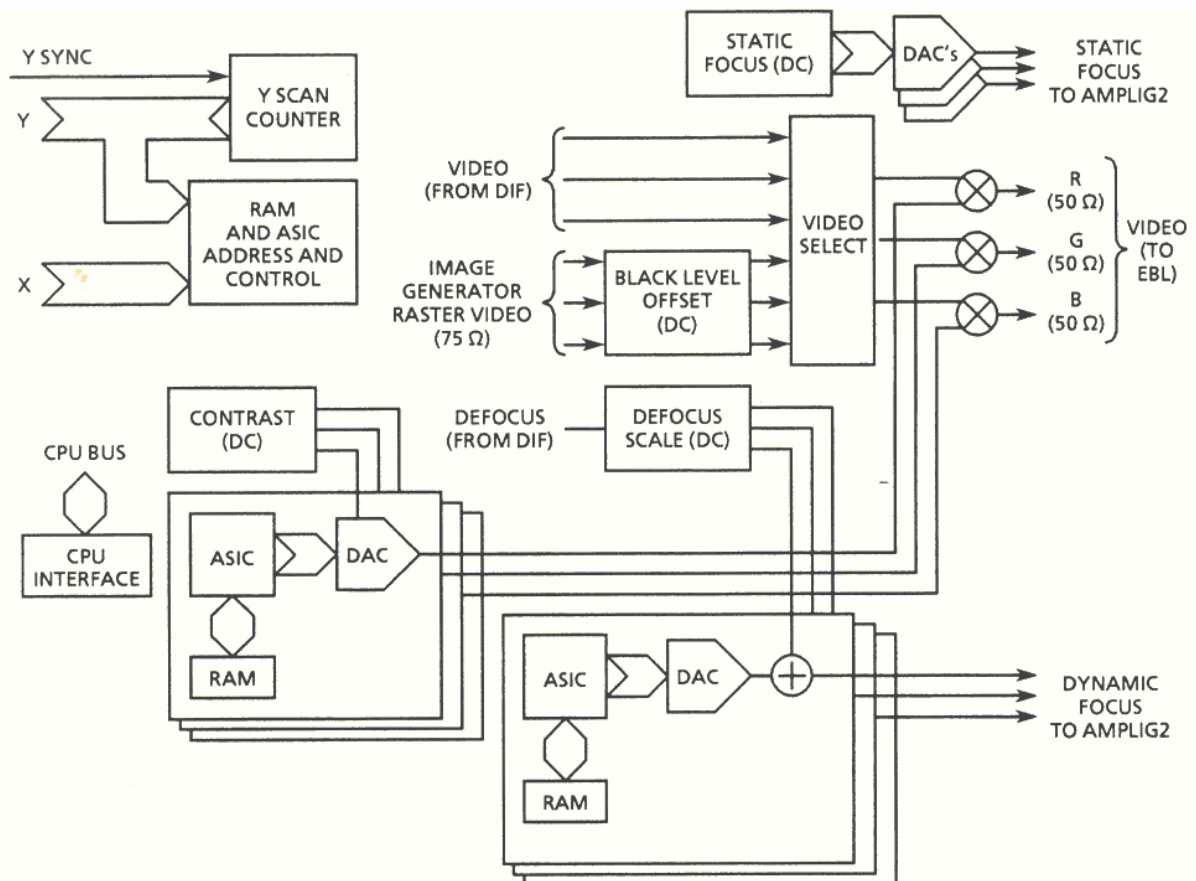


Σχήμα 86. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας DEF

## ΚΑΡΤΑ FVC

Η κάρτα FVC (Focus and video correction):

- Λαμβάνει δεδομένα από την CPU και ξεχωρίζει τα σήματα ελέγχου για τις σαρώσεις X,Y από την κάρτα DIF.
- Λαμβάνει το σήμα βίντεο R, G, B από την γεννήτρια παραγωγής εικόνας (IMAGE) και από την κάρτα DIF. Επίσης, αποθηκεύει προσωρινά τα σχέδια δοκιμής εικόνας, τα οποία παράγονται από την CPU. Τα σήματα αυτά πολυπλέκονται και περνάνε στην κάρτα EBL για περαιτέρω επεξεργασία.
- Τροποποιεί το σήμα βίντεο το οποίο στέλνεται στην κάρτα EBL. Κατά την διάρκεια της ενεργοποίησης ή όταν απαιτηθεί από το RCU, οι διορθωμένες τιμές του σήματος περνούν από την κάρτα EPR, μέσω του διαύλου της CPU, στη μνήμη RAM της κάρτας FVC. Στην συνέχεια πραγματοποιείται μία σύγκριση των εικονοστοιχείων όσον αφορά τη θέση τους, με εκείνα τα εικονοστοιχεία των οποίων τα διορθωμένα δεδομένα υπάρχουν. Τα διορθωμένα δεδομένα μετατρέπονται σε αναλογικά σήματα και αθροίζονται με το σήμα βίντεο και με ένα σήμα σύγκρισης που παρέχεται από την κάρτα CPU.
- Παράγει το σήμα δυναμικής εστίασης για τον ενισχυτή εστίασης και τα σήματα στατικής εστίασης για τα CRT's. Οι τιμές αυτές αποθηκεύονται στην κάρτα.
- Δύο σήματα εστίασης παράγονται για κάθε CRT, ένα σήμα dc τιμής (στατικό) και ένα δυναμικό σήμα για επεξεργασία επιφανειών. Και τα δύο σήματα, δυναμικό και στατικό, οδηγούνται στους ενισχυτές εστίασης στους βιντεοπροβολείς.



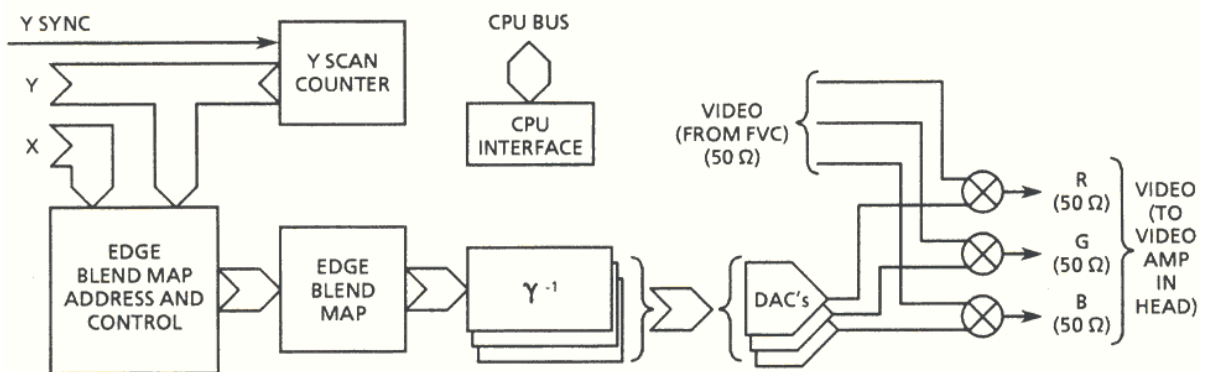
Σχήμα 87. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας FVC

## ΚΑΡΤΑ EBL

Η τελευταία επεξεργασία του σήματος βίντεο είναι η μείωση της εικόνας στις περιοχές επικάλυψης έτσι ώστε να παράγονται ανεπιθύητες συνδέσεις στα άκρα της εικόνας όταν αυτή απεικονίζεται από γειτονικά κανάλια. Την λειτουργία αυτή αναλαμβάνει η κάρτα EBL χρησιμοποιώντας έναν υψηλής ανάλυσης 'χάρτη' της εικόνας του καναλιού. Κάθε εικονοστοιχείο περιέχει μια τιμή η οποία καθορίζει την ποσότητα εξασθένισης του σήματος βίντεο. Το λογισμικό του συστήματος υπολογίζει τις τιμές του χάρτη από ένα αρχείο το οποίο υπαγορεύει τη θέση και τη μείωση των περιοχών επικάλυψης. Τυπικά η πλειοψηφία των στοιχείων θα έχει τη μέγιστη δυνατή τιμή (καμία διαμόρφωση) αλλά στις άκρες όπου επικαλύπτονται τα γειτονικά κανάλια λίγες τιμές θα τείνουν στην τιμή μηδέν.

Επίσης, η κάρτα EBL :

- Λαμβάνει από την CPU δεδομένα και δεδομένα θέσεως των αξόνων X και Y από την κάρτα DIF.
- Λαμβάνει το σήμα βίντεο από την κάρτα FVC και το τροποποιεί, ανάλογα βέβαια με τα στοιχεία που της παρέχονται από την CPU. Η τροποποίηση αυτή έχει ως σκοπό την μείωση της έντασης του σήματος βίντεο για να αναπαραχθεί από τους βιντεοπροβολείς χωρίς προβλήματα. Τα διορθωμένα δεδομένα μετατρέπονται σε αναλογική μορφή και αθροίζονται με το σήμα βίντεο. Κατόπιν, το σύνθετο διορθωμένο σήμα βίντεο περνά στην κάρτα μέσω της κάρτας video amplifier στους βιντεοπροβολείς.



Σχήμα 88. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας EBL

## ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΔΕΣΜΗΣ

Ο ενισχυτής απόκλισης δέσμης περιλαμβάνει τις παρακάτω μονάδες:

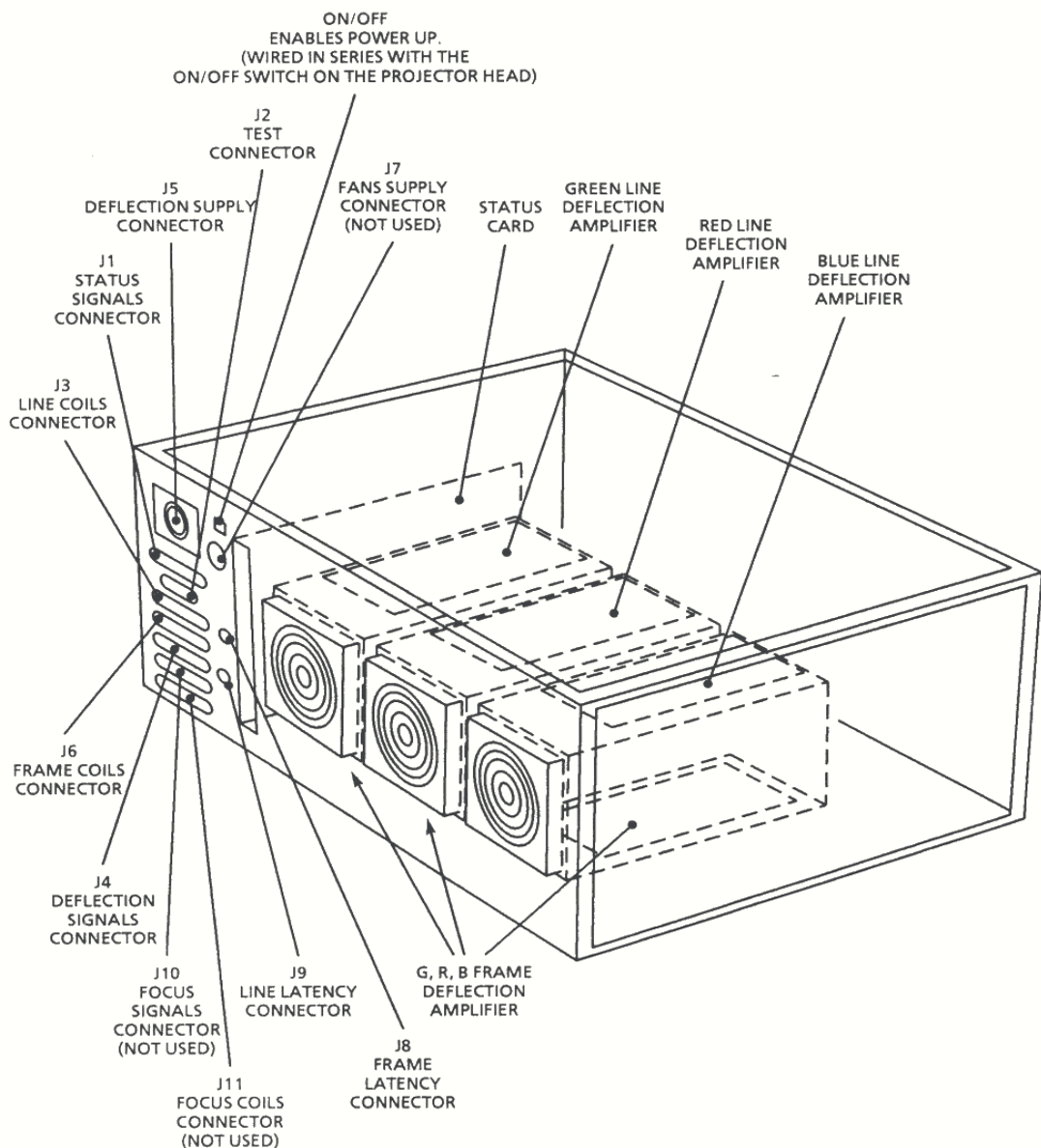
1. Τρεις ενισχυτές απόκλισης, καθένας από τους οποίους περιέχει έναν ενισχυτή απόκλισης για τη X συνιστώσα και έναν για τη Y. Οι ενισχυτές λαμβάνουν σήματα απόκλισης από την μονάδα ελέγχου, και παράγουν σήματα οδήγησης για τα αντίστοιχα CRT's.
2. Την κάρτα κατάστασης (Status). Η κάρτα αυτή ελέγχει:
  - Την τροφοδοσία  $\pm 60$  V από τα LVPSU προς τους ενισχυτές απόκλισης δέσμης.
  - Τους αισθητήρες υπερθέρμανσης των βιντεοπροβολέων.
  - Την τροφοδοσία  $\pm 15$  V από την κάρτα AmpliG2 προς τις κάρτες



ενίσχυσης σήματος βίντεο (video amplifiers).

- Τα σήματα εξόδου από την μονάδα EHT.
- Το σήμα σφάλματος από την κάρτα G2.
- Την τροφοδοσία +220 V από τα LVPSU προς τους ενισχυτές βίντεο.
- Τα σήματα σφάλματος από τους ενισχυτές βίντεο.
- Τα σήματα απόκλισης δέσμης X και Y από τους αντίστοιχους ενισχυτές.

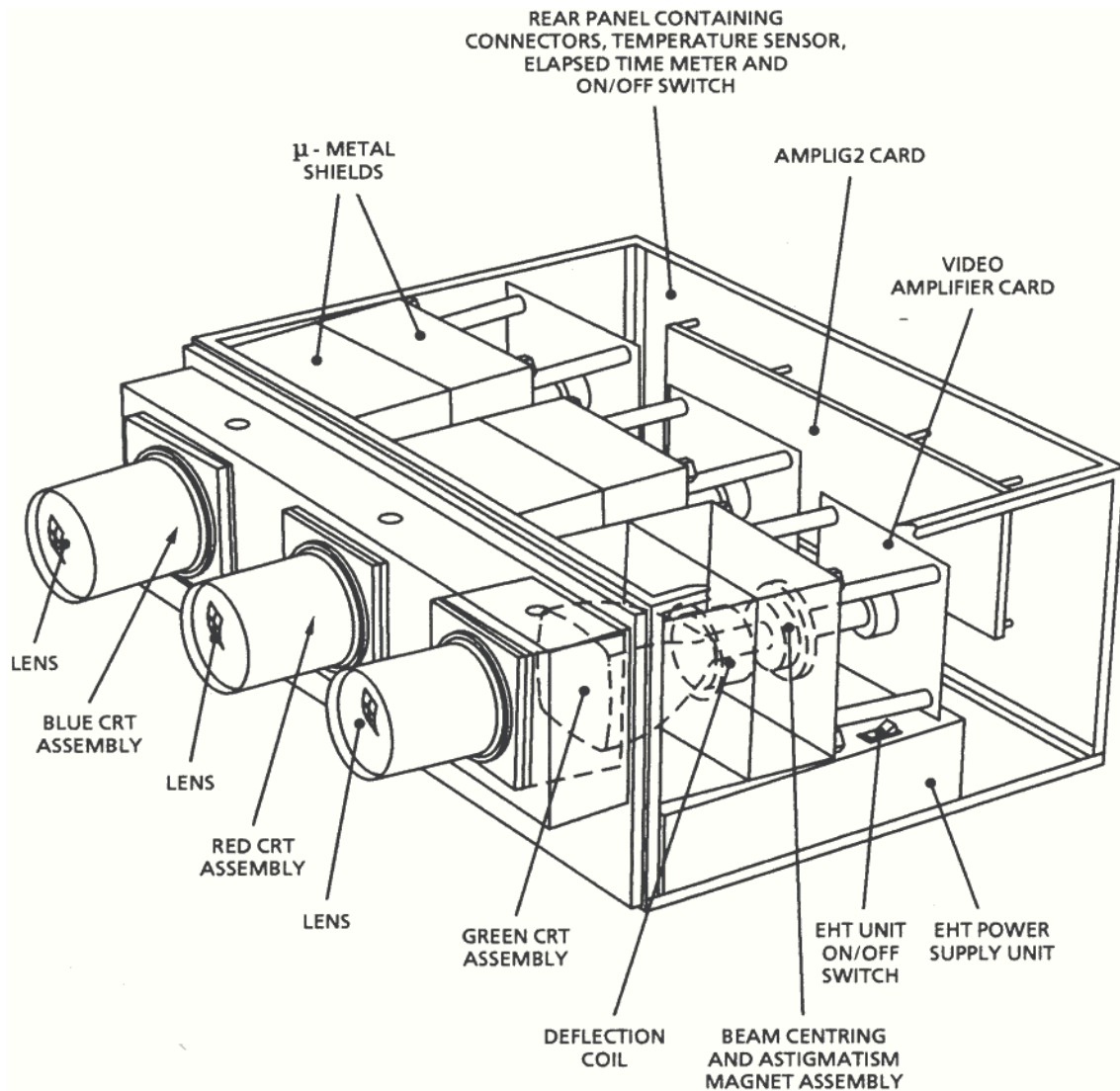
Εάν εντοπιστεί κάποιο σφάλμα στις αποκλίσεις κατά X ή Y, η κάρτα κατάστασης παράγει ένα σήμα που σκοπό έχει την προστασία των φωσφορούχων επιφανειών των βιντεοπροβολέων. Αυτό αποστέλλεται στους ενισχυτές βίντεο μέσω της κάρτας AmpliG2, για να εμποδίσει την τάση εξόδου της G2.



Σχήμα 89. Ενισχυτής απόκλισης δέσμης

## ΒΙΝΤΕΟΠΡΟΒΟΛΕΑΣ

Ο βιντεοπροβολέας (σχήμα 90) είναι η μονάδα εκείνη η οποία περιέχει ένα κόκκινο, ένα πράσινο και ένα μπλε CRT. Τα τρία CRT's είναι ευθυγραμμισμένα και συγκλίνουν προς μια επιφάνεια με σκοπό να προβάλλουν την εικόνα. Για λόγους διόρθωσης γεωμετρικών προβλημάτων το κόκκινο CRT χρησιμοποιείται σαν χρώμα αναφοράς. Για να διατηρηθεί η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους, σε χαμηλά επίπεδα κάθε βιντεοπροβολέας ενσωματώνει τρεις 24 V ανεμιστήρες εξαγωγής αέρα.



Σχήμα 90. Αποψη βιντεοπροβολέα

Κάθε ένας από τους τρεις βιντεοπροβολείς (τρία κανάλια) περιλαμβάνει:

- CRT's Sony SD 146.
- θαλάμους γλυκόλης για την αποφυγή των διαθλάσεων.
- Ειδικούς οπτικούς φακούς.
- Πηγία απόκλισης.
- Μαγνήτη συγκέντρωσης δέσμης.
- Ειδικό κέλυφος για αποφυγή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.
- Μονάδα EHT.
- κάρτες Video Amplifier.
- Κάρτα AmpliG2.

Ο θάλαμος μπροστά από κάθε CRT και πίσω από τον ειδικό φακό περιέχει αιθυλική αλκοόλη (γλυκόλη), η οποία έχει συγκεκριμένο δείκτη διάθλασης με σκοπό την βελτίωση της αντίθεσης και την μείωση των διαθλάσεων.

Η μονάδα EHT η οποία τροφοδοτείται με 220/240 V ac από τα LVPSU, παράγει τις τάσεις για δυναμική και στατική εστίαση, καθώς και τα 32 kV (6.5 mA) τα οποία απαιτούνται για την άνοδο των CRT's. Η EHT ενεργοποιείται από το RCU, το οποίο στέλνει το σήμα ενεργοποίησης μέσω της μονάδας ελέγχου. Τέλος, η μονάδα EHT στέλνει ένα σήμα ελέγχου πίσω στην AmpliG2, για να δείξει ότι ενεργοποιεί την έξοδο.

Η κάρτα ενίσχυσης σήματος βίντεο (video amplifier) είναι τοποθετημένη στη βάση κάθε CRT και είναι όμοιες μεταξύ τους. Σκοπός της είναι να ενισχύσει την χαμηλή τάση εξόδου της μονάδας ελέγχου και να οδηγήσει την κάθοδο του CRT. Χρησιμεύει επίσης στο να διανείμει την τροφοδοσία της G2 στο CRT. Τέλος, λαμβάνει τα σήματα προστασίας των CRT's από την μονάδα ελέγχου.

Η κάρτα AmpliG2 είναι τοποθετημένη στο πίσω μέρος κάθε βιντεοπροβολέα και εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Τροφοδοτεί τα ηλεκτρόδια G1 με 220 V και G2 με πάνω από 1 kV.
- Διανέμει τις διάφορες τροφοδοσίες από το LVPSU στα ηλεκτρονικά του βιντεοπροβολέα.
- Παράγει τα  $\pm 10$  V για την τροφοδοσία των Video Amplifiers, και 6.3 V για την θέρμανση των CRT's.
- Παρέχει αυτόματα μείωση της αντίθεσης του σήματος βίντεο για να περιορίσει την συνολική δέσμη και συνεπώς να προστατέψει τα CRT's από υπεροδήγηση.
- Ελέγχει την κατάσταση κυκλωμάτων.
- Διανέμει την στατική και δυναμική εστίαση μεταξύ της μονάδας ελέγχου και της μονάδας EHT.
- Εντοπίζει εσφαλμένες καταστάσεις τροφοδοσίας.

## Κεφάλαιο 3.4

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

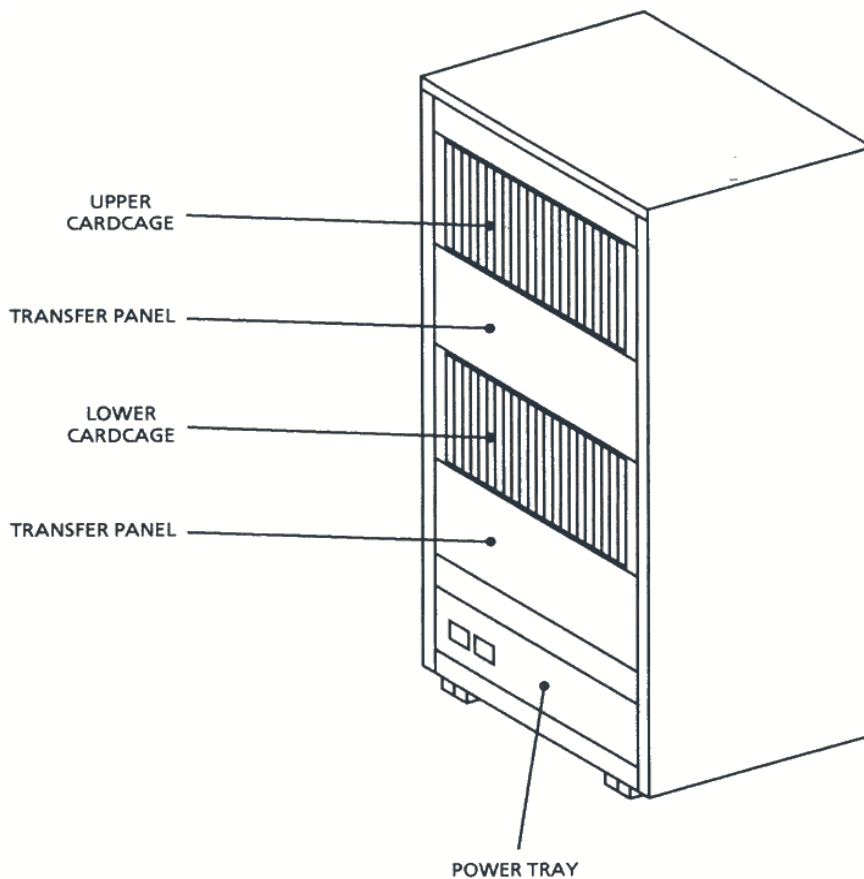
Η μονάδα ελέγχου (σχήμα 91) αποτελεί την καρδιά του συστήματος απεικόνισης. Η λειτουργία της είναι να μετατρέπει τα σήματα από την γεννήτρια εικόνας (IMAGE) σε σήματα κατανοητά για τις υπόλοιπες μονάδες, διαμορφώνοντας τα κατάλληλα και "συνδυάζοντας" την περιοχή επικάλυψης μεταξύ των παρακείμενων εικόνων των τριών καναλιών. Η μονάδα ελέγχου μπορεί να υποστηρίξει μέχρι οχτώ κανάλια βιντεοπροβολών.

Χρησιμοποιεί επεξεργασία σημάτων αναλογική και ψηφιακή και με μερικές εξαιρέσεις, η ψηφιακή επεξεργασία χρησιμοποιεί τα συμβατά επίπεδα σημάτων τεχνολογίας TTL.

Ένας μικροεπεξεργαστής (Intel 80C186) υποστηρίζει όλες τις λειτουργίες ρύθμισης συστήματος καθώς και το λογισμικό του. Μνήμη EPROM χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων και ρυθμίσεων.

Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα της μονάδας ελέγχου φιλοξενούνται σε κάρτες 19 ιντσών. Κάθε κάρτα μπορεί να προσαρμόσει και να επεξεργαστεί στοιχεία κυκλώματος μέχρι τεσσάρων καναλιών, κατά συνέπεια ένα σύνολο καρτών απαιτείται για τις εγκαταστάσεις τεσσάρων ή λιγότερων καναλιών. Κάθε κάρτα στο μπροστινό της μέρος διαθέτει ειδικά βύσματα στα οποία τα περισσότερα από τα καλώδια διασύνδεσης συνδέονται.

Η μονάδα ελέγχου τροφοδοτείται από τροφοδοτικό που βρίσκεται ακριβώς από κάτω της. Η ψύξη των μονάδων γίνεται με διακίνηση ψυχρού αέρα.



Σχήμα 91. Μονάδα ελέγχου

**ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**

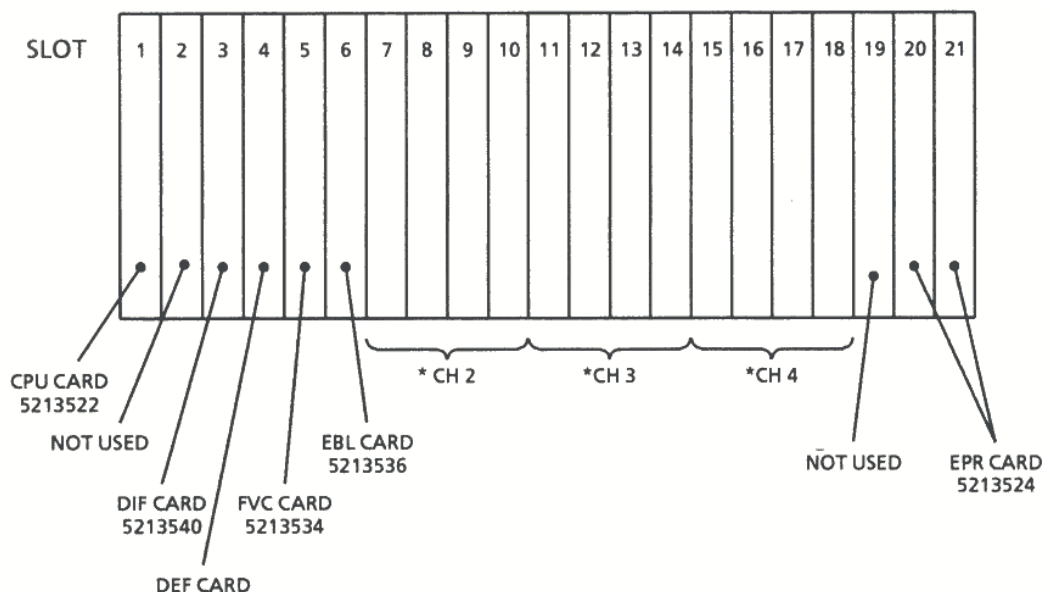
Ένα τροφοδοτικό, το οποίο βρίσκεται κάτω από τις κάρτες παρέχει όλες τις απαιτούμενες χαμηλές τάσεις για την μονάδα ελέγχου και για την μονάδα τηλεχειρισμού. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι απαιτούμενες τροφοδοσίες του συστήματος :

Supply	Rated output	Typical load
+ 5 V (digital)	85 A	53 A
- 5.2 V (digital)	12 A	7.5 A
+ 5 V (analog)	12 A	6.5 A
- 5 V (analog)	12 A	10 A
+ 15 V (analog)	1.5 A	1 A
- 15 V (analog)	1.5 A	1 A
+ 5 V (digital) RCU	12 A	2 A
+ 12 V (analog) RCU	12 A	1 A

**ΚΑΡΤΕΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**

Συστήματα τεσσάρων ή λιγότερων καναλιών απαιτούν ένα σύνολο καρτών, ενώ πέντε και περισσότερα κανάλια απαιτούν δύο σύνολα καρτών. Η μονάδα ελέγχου του συστήματος απεικονίζεται χρησιμοποιεί έξι διαφορετικούς τύπους καρτών, ενώ για ένα σύστημα οχτώ καναλιών απαιτούνται 38 κάρτες.

Η επεξεργασία των στοιχείων για κάθε κανάλι γίνεται την ομάδα των καρτών που εξετάσαμε παραπάνω : την κάρτα ψηφιακής διασύνδεσης (DIF), την κάρτα οδήγησης απόκλισης δέσμης (DEF), την κάρτα διόρθωσης εστίασης και σήματος βίντεο (FVC) και την κάρτα ανάμειξης (EBL). Κάθε ομάδα καρτών απαιτεί και ένα ζευγάρι από μνήμες EPROM (EPR) για αποθήκευση δεδομένων. Τέλος, μια κάρτα CPU (slot 1) χρησιμοποιείται για την υποστήριξη του λογισμικού και των σχετικών λειτουργιών. Επίσης, μέσω αυτής της κάρτας γίνεται η παραγωγή των σχεδίων δοκιμής για ρύθμιση του συστήματος.



**Σχήμα 92. Μονάδα ελέγχου – χωροθέτηση καρτών**

### ΣΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

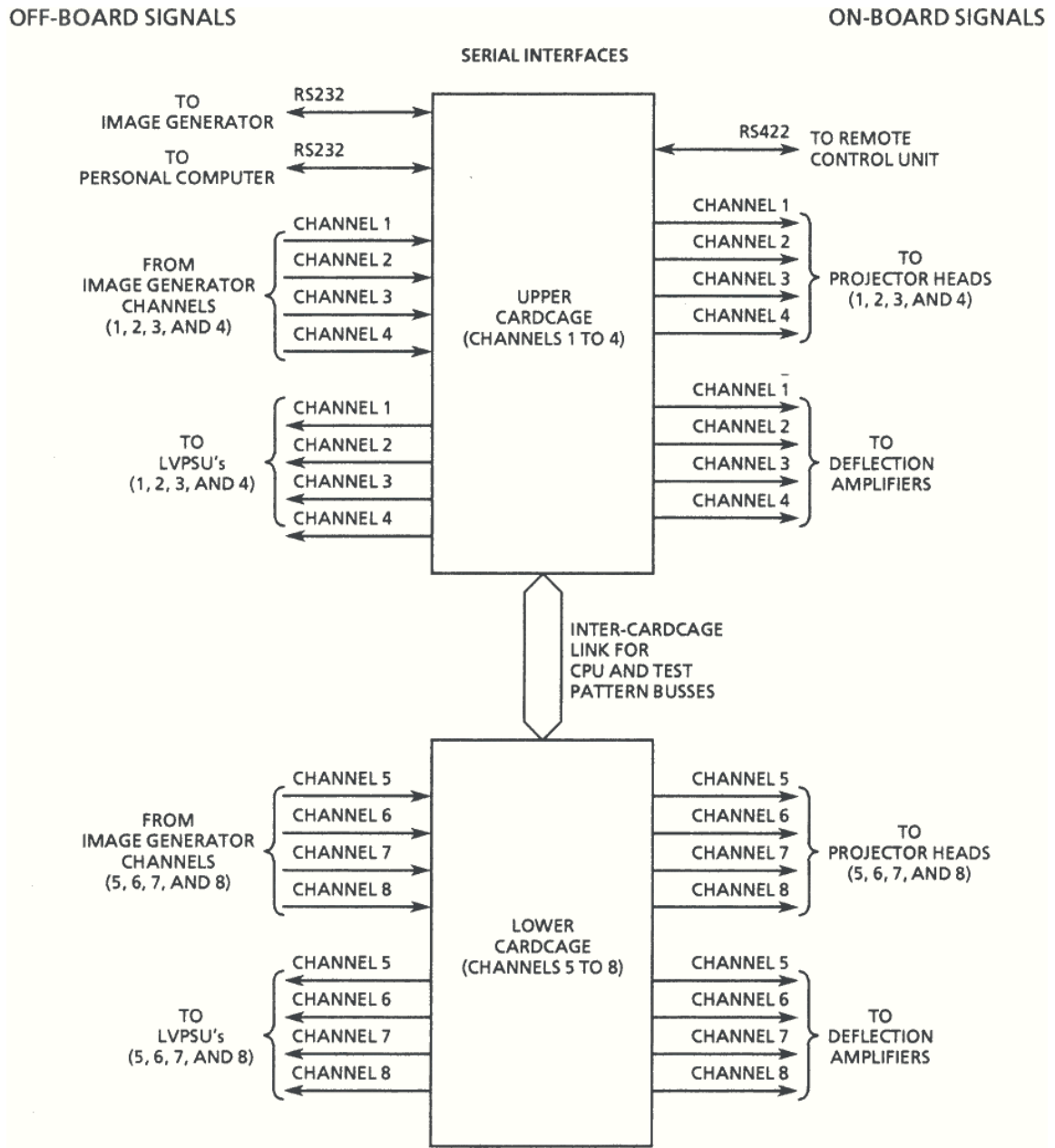
Όλες οι συνδέσεις στην μονάδα ελέγχου, εκτός από τις κύριες εισόδους, γίνονται σ' ένα πάνελ κάτω από τις κάρτες. Ωστόσο, οι δίαυλοι των καναλιών της γεννήτριας εικόνας συνδέονται στο μπροστινό μέρος κάθε κάρτας DIF.

Οι κύριες ομάδες σημάτων είναι οι ακόλουθες:

1. Σήματα εισόδου από την γεννήτρια εικόνας :
  - R, G, B video
  - X sync
  - Y sync
2. Σήματα εξόδου προς τους ενισχυτές απόκλισης δέσμης για τις αποκλίσεις X και Y.
3. Σήματα εξόδου προς στους βιντεοπροβολείς:
  - R, G, B video
  - G2
  - Στατικής και δυναμικής εστίασης

Επίσης, τα ψηφιακά σήματα συμπεριλαμβάνουν :

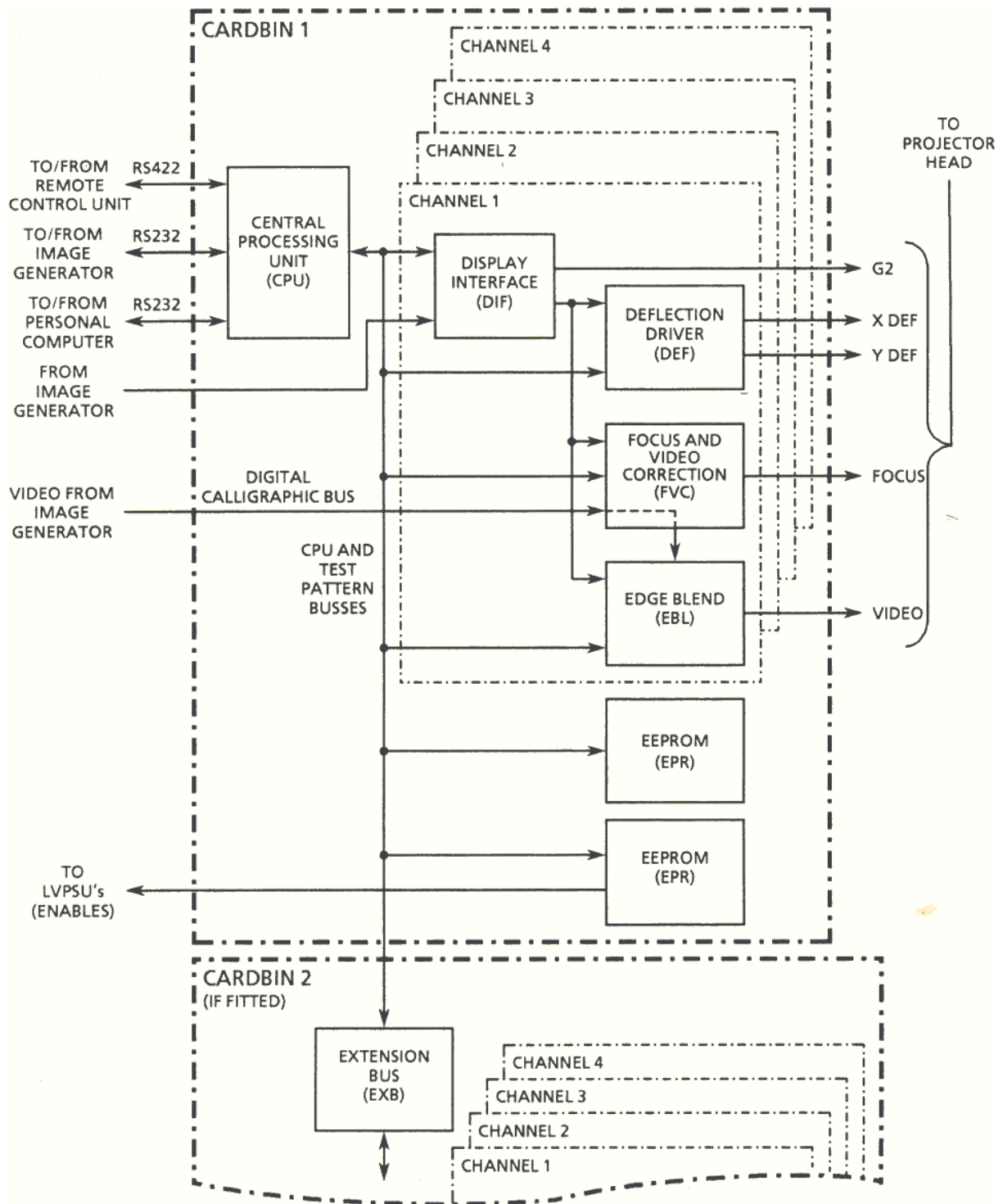
- Σύνδεση RS232 προς την γεννήτρια εικόνας.
- Σύνδεση RS232 προς το IBM PC.
- Σύνδεση RS422 προς τη μονάδα τηλεχειρισμού (RCU).
- Σήματα ενεργοποίησης προς τα τροφοδοτικά LVPSU.



Σχήμα 93. Σήματα μονάδας ελέγχου

### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

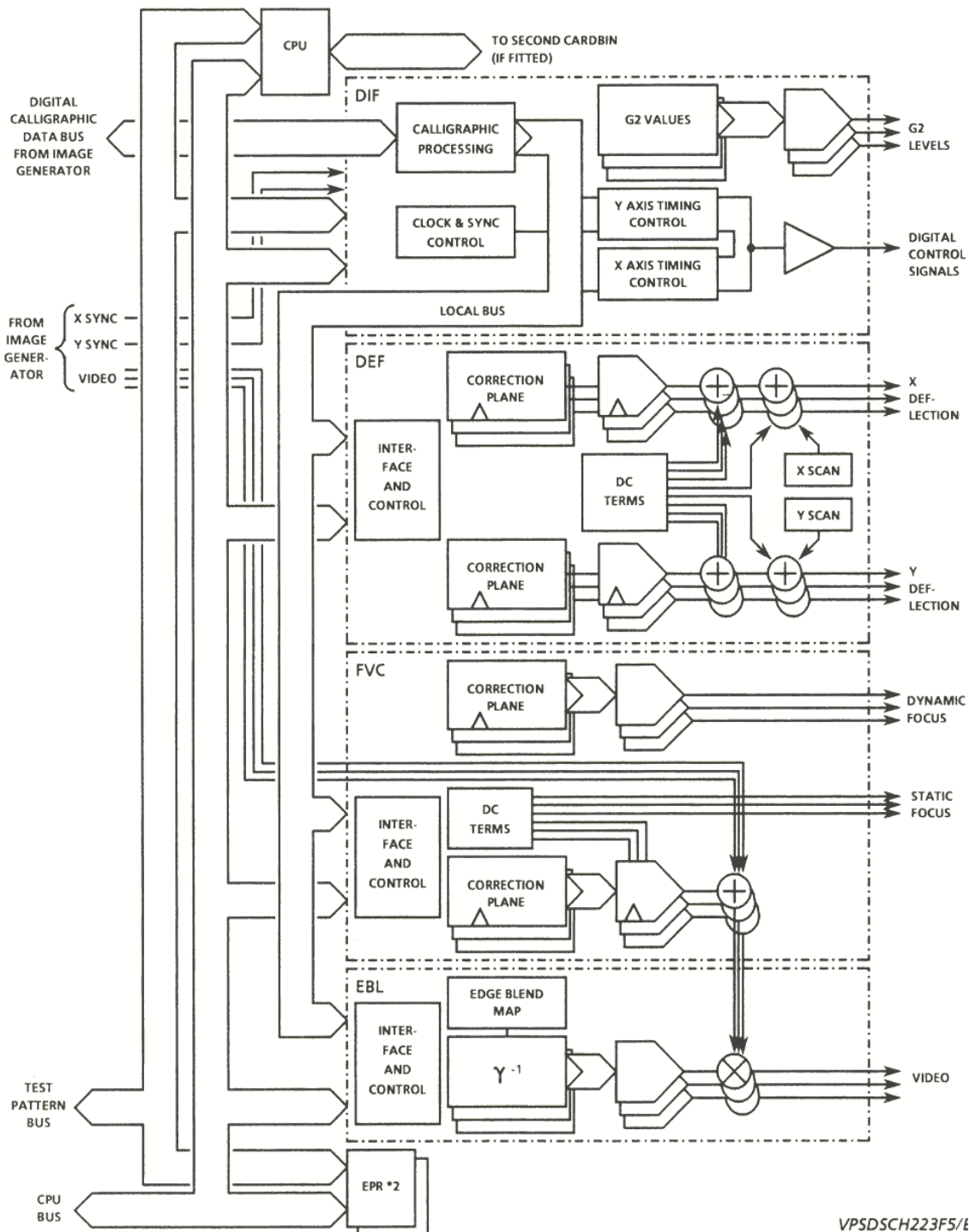
Το μπλοκ διάγραμμα της μονάδας ελέγχου (σχήμα 94) απεικονίζει ότι η επεξεργασία για κάθε κανάλι επιτυγχάνεται από την ομάδα των τεσσάρων καρτών (DIF, DEF, FVC και EBL) σε συνεργασία με μια κάρτα CPU και ένα ζευγάρι από μνήμες EPROM.



Σχήμα 94. Μπλοκ διάγραμμα μονάδας ελέγχου



Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η αρχιτεκτονική της μονάδας ελέγχου καθώς και η ροή των βασικότερων σημάτων.



Σχήμα 95. Αρχιτεκτονική μονάδας ελέγχου

#### ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ ΕΣΤΙΑΣΗΣ

Τρεις στάθμες διόρθωσης παρέχουν τα δυναμικά σήματα εστίασης που χρησιμοποιούνται για να οδηγήσουν την τάση εστίασης. Τρεις άλλες στάθμες κρατούν τα σήματα διόρθωσης σκίασης, τα οποία πολλαπλασιάζονται με το σήμα βίντεο της γεννήτριας εικόνας για να παραχθεί το επίπεδο φωτεινότητας του σήματος. Περαιτέρω dc στάθμες χρησιμοποιούνται

για να παραχθούν τα σήματα στατικής εστίασης.

### **CPU ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ**

Η κάρτα CPU παρέχει τον έλεγχο του συστήματος για τους τρεις βιντεοπροβολείς και επίσης παρέχει την διασύνδεση της μονάδας τηλεχειρισμού με την γεννήτρια εικόνας. Επιπλέον, για λόγους ρύθμισης του συστήματος η κάρτα CPU παράγει σχέδια δοκιμής και τρέχει το πρόγραμμα διόρθωσης του συστήματος.

### **ΜΝΗΜΗ EPROM**

Δύο κάρτες μνήμης EPROM συνολικής χωρητικότητας 4 Mb αποτελούν το μέσο αποθήκευσης των δεδομένων τα οποία καθορίζουν την διαμόρφωση του συστήματος αλλά και τις ρυθμίσεις του. Επίσης, στις κάρτες αυτές είναι αποθηκευμένο το λογισμικό διασύνδεσης για να υποστηρίζονται τα σήματα ενεργοποίησης των LVPSU.

### **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ**

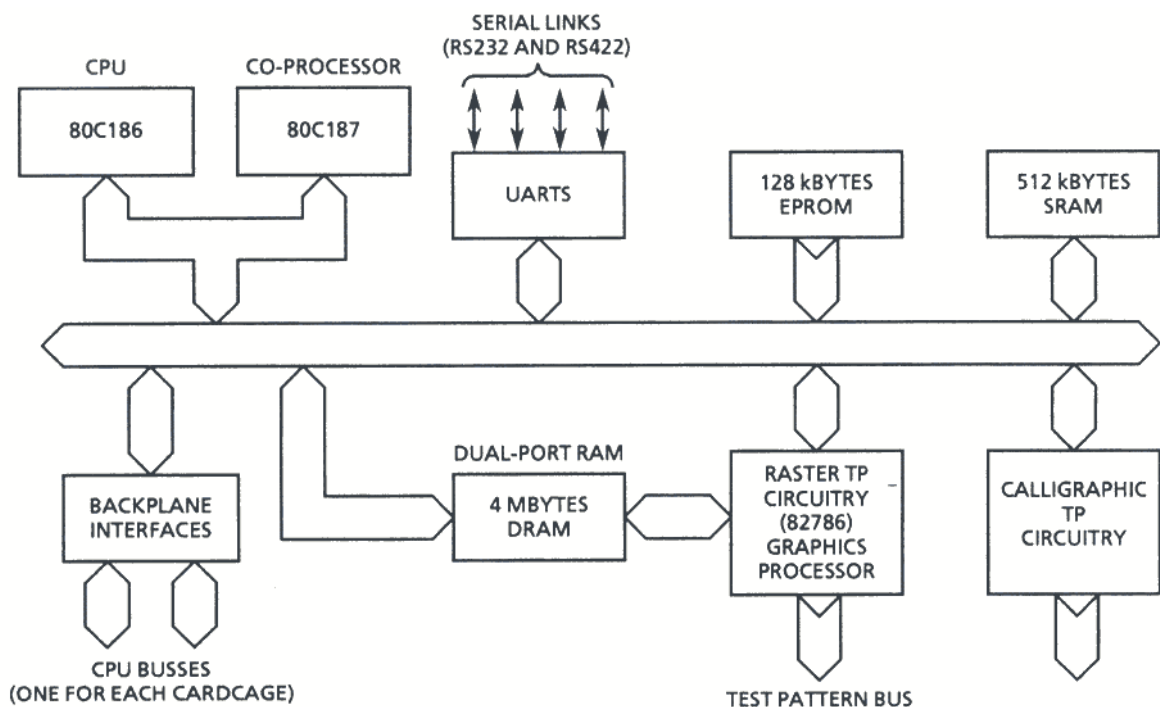
### **CPU ΚΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΟΚΙΜΗΣ**

Το πρόγραμμα της μονάδας ελέγχου εκτελείται από μια κάρτα CPU και πιο συγκεκριμένα από ένα επεξεργαστή Intel 80C186. Επίσης, η κάρτα αυτή χρησιμοποιείται και για την παραγωγή των σχεδίων δοκιμής του συστήματος.

Ο κύριος επεξεργαστής 80C186 καθώς και ο αριθμητικός συνεπεξεργαστής 80C187 είναι συγχρονισμένοι σε συχνότητα 16 MHz η οποία παράγεται από την ταλάντωση ενός κρυστάλλου στα 32 MHz.

Η CPU επικοινωνεί με τις υπόλοιπες κάρτες τις μονάδες ελέγχου μέσω ενός ζεύγους διαύλων (ένα για κάθε σύνολο καρτών), καθένας από τους οποίους έχει 16 bits δεδομένων και 7 bits διευθύνσεως.

Η καρδιά της γεννήτριας σχεδίων δοκιμής είναι ένας επεξεργαστής γραφικών της Intel, ο 82786.



**Σχήμα 96. Μπλοκ διάγραμμα κάρτας CPU**

## ΡΟΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΒΙΝΤΕΟ ΚΑΙ G2

Η φωτεινότητα της φωσφορούχας επιφάνειας κάθε CRT ελέγχεται από το σήμα G2 και από το σήμα βίντεο. Το G2 χρησιμοποιείται για να καθοριστεί το επίπεδο του μαύρου ενώ το σήμα βίντεο περιέχει τις πληροφορίες από την γεννήτρια εικόνας. Το σήμα G2 για κάθε χρώμα του συστήματος έχει εύρος από 0 μέχρι 5V και τερματίζει σε μια αντίσταση 50 ohms. Αυτό ενισχύεται μέσα στους βιντεοπροβολείς και φτάνει την τιμή των 850 V. Τα υψηλού εύρους σήματα βίντεο που προέρχονται από την μονάδα ελέγχου ενισχύονται από τις κάρτες video amplifier που βρίσκονται πίσω από τα CRT's.

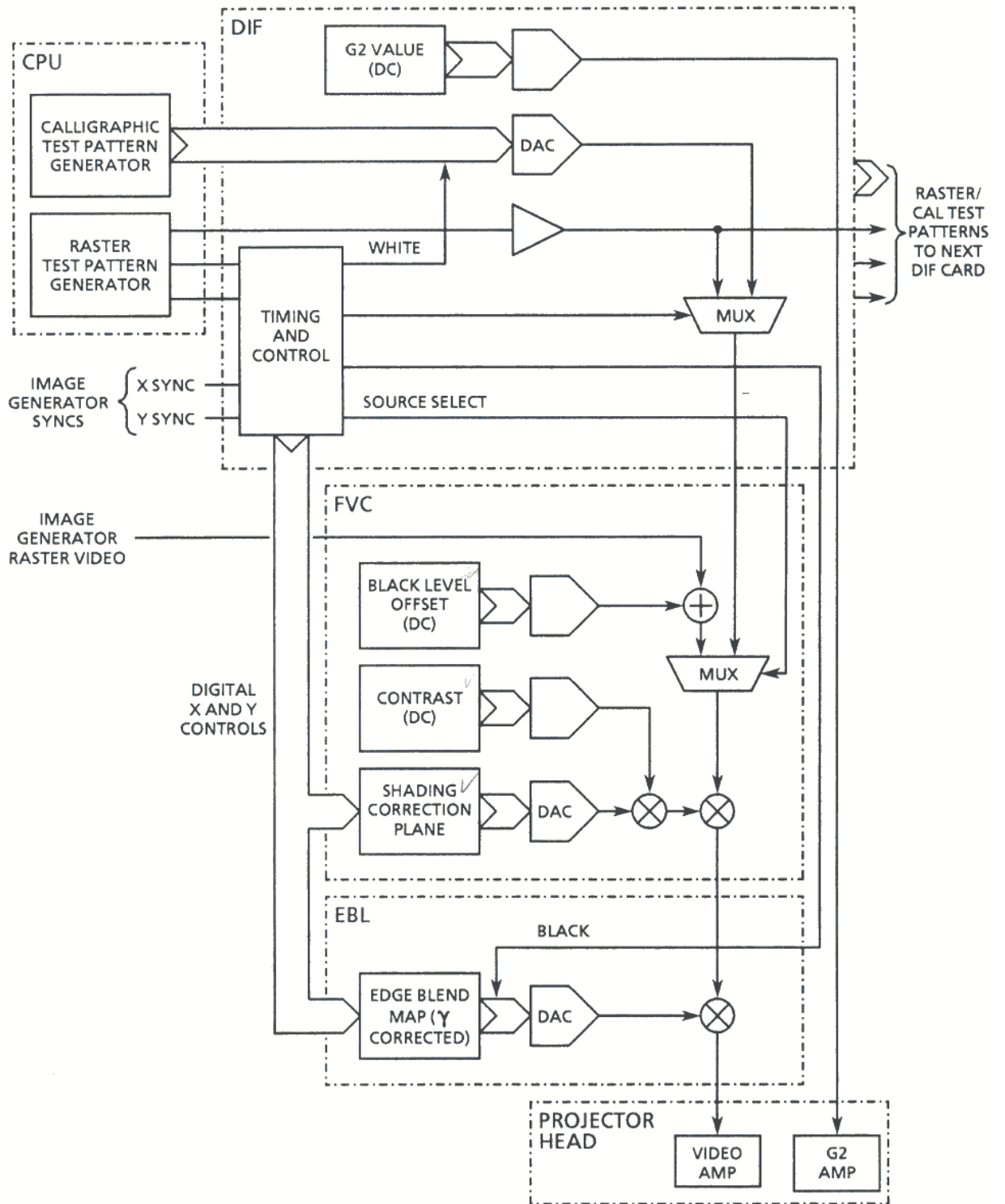
Η τιμή του G2 για κάθε χρώμα ξεχωριστά ρυθμίζεται από την μονάδα τηλεχειρισμού (RCU) και τα επίπεδά του αποθηκεύονται στους καταχωρητές DIF με τη μορφή τιμών 12-bit. Αυτές μετατρέπονται σε αναλογικά dc επίπεδα και στέλνονται στον ενισχυτή G2 πριν εφαρμοστούν στα CRT's. Η επεξεργασία του σήματος βίντεο πραγματοποιείται, όπως είπαμε, από τις κάρτες DIF, FVC και EBL. Σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας η 'τηλεοπτική' πηγή είναι αυτή που λαμβάνεται από την IG στην κάρτα FVC. Εκεί αφαιρείται το επίπεδο του μαύρου έτσι ώστε αυτό να αντιστοιχεί στα 0 V. Μετά από την κάρτα FVC το σήμα περνάει στην EBL και από εκεί στους ενισχυτές σήματος βίντεο.

## ΡΟΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΣΤΙΑΣΗΣ

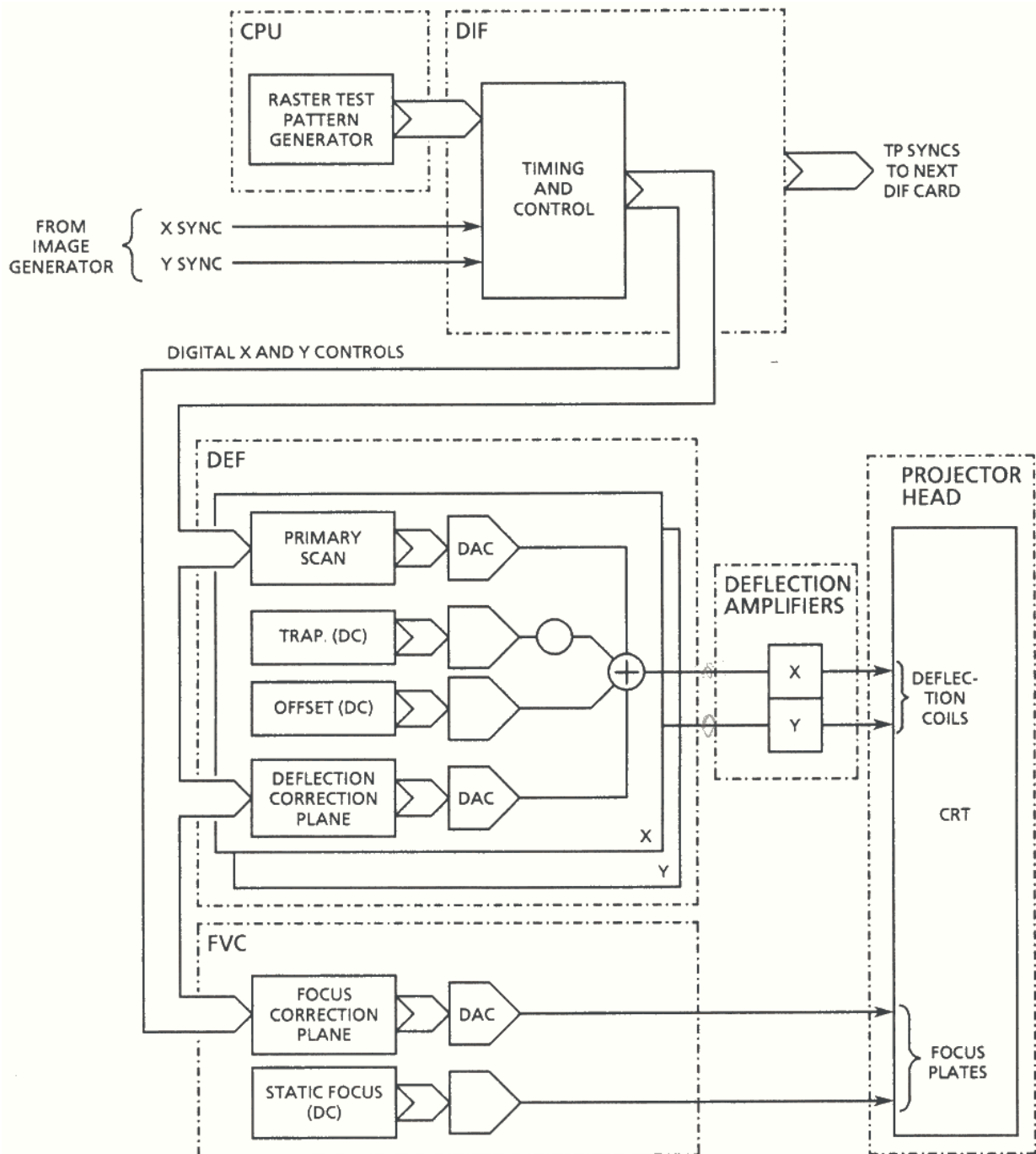
Τα σήματα απόκλισης δέσμης (X, Y) ελέγχουν το ρεύμα στα πηνία των CRT's. Υπάρχουν δύο πηνία απόκλισης (X και Y) τα οποία οδηγούνται από σήματα υψηλού εύρους και τάσης πάνω από τα 120 V.

Η απόκλιση ελέγχεται από την κάρτα DIF η οποία συγχρονίζεται με παλμούς με την IG (ή με την γεννήτρια σχεδίων δοκιμής). Ωστόσο, η απόκλιση παράγεται από την κάρτα DEF.

Τα σήματα δυναμικής και στατικής εστίασης από την κάρτα FVC είναι 0 με 1 V και τερματίζονται σε μια αντίσταση 50 ohms. Το σήμα στατικής εστίασης είναι μια τιμή dc, ενώ ανιθέτως, το σήμα δυναμικής εστίασης καθορίζεται από διορθώσεις δεδομένων. Κατόπιν, τα σήματα ενισχύονται από τη μονάδα EHT και οδηγούνται στα CRT's.



Σχήμα 97. Ποή σημάτων βίντεο και G2



Σχήμα 98. Ροή σημάτων απόκλισης και εστίασης

## **ΓΕΝΙΚΑ**

Η μονάδα τηλεχειρισμού (RCU) χρησιμοποιείται από τους τεχνικούς του εξομοιωτή για να ρυθμίσουν το σύστημα απεικόνισης. Η μονάδα περιλαμβάνει μια φωτιζόμενη οθόνη με υπέρυθρη επικάλυψη ανιχνευτών αφής, καλώδιο με βύσμα RS422 και ένα ανεμιστήρα ψύξης.

## **ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ**

Οι απαιτούμενες τάσεις τροφοδοσίες για τη μονάδα είναι:

5.0 V DC (4.9 V-5.25 V) 2 A. 12V±0.5V DC 1A.

Οι τάσεις αυτές προέρχονται από την μονάδα ελέγχου. Τα 5 V απαιτούνται για την τροφοδοσία των ολοκληρωμένων, ενώ τα 12 V τροφοδοτούν την οθόνη και τον ανεμιστήρα ψύξης του RCU.

## **ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ**

Το RCU μπορεί να συνδεθεί είτε κατευθείαν στην μονάδα ελέγχου, είτε πιο σωστά συνδέεται σ'ένα βύσμα μέσα στο πιλοτήριο για λόγους ρύθμισης του συστήματος.

## **ΣΗΜΑΤΑ**

Η επικοινωνία με την μονάδα ελέγχου γίνεται με διαφορική λογική TTL RS422 που ενσωματώνει το πρωτόκολλο RTS και CTS.

## **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

Η μονάδα τηλεχειρισμού δεν χρησιμοποιείται κατά την κανονική λειτουργία του συστήματος απεικόνισης, αλλά παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης όλων των λειτουργιών του συστήματος. Το RCU απεικονίζει σελίδες μέσα από τις οποίες ο τεχνικός μπορεί να ρυθμίσει την ένταση, την φωτεινότητα και την εστίαση των χρωμάτων. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει κάθε CRT ξεχωριστά, να ρυθμίσει την γεωμετρία του συστήματος και να ενεργοποιήσει υψηλές και χαμηλές τάσεις του συστήματος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [ 1 ] THEORY OF OPERATION MANUAL VOL. 1 (General information), Thales Training & Simulation.
- [ 2 ] THEORY OF OPERATION MANUAL VOL. 2 (Facility systems), Thales Training & Simulation.
- [ 3 ] THEORY OF OPERATION MANUAL VOL. 3 (Computer and linkage), Thales Training & Simulation.
- [ 4 ] THEORY OF OPERATION MANUAL VOL. 4 (Simulator systems), Thales Training & Simulation.
- [ 5 ] MOTION & CONTROLS, Technical Training Manual, LINK-MILES.
- [ 6 ] IMAGE 250 & PROJECTORS, (System Description Manual), Thales Training & Simulation.
- [ 7 ] OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL, (Theory of operation), Thales Training & Simulation.
- [ 8 ] B737-400 FULL FLIGHT SIMULATOR, (Technical Specification), Training Center Olympic Airways.