Ανάλυση απαιτήσεων & Δομημένη ανάλυση

Κεφάλαιο 2

Μέρος 5: Μελέτη περίπτωσης: Σύστημα «ARTEMIS»

Γενική επισκόπηση απαιτήσεων

- ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
  - Πλήθος καναλιών
  - Χρονική διακριτική ικανότητα
  - Δυναμική σήματος
  - Επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο
- ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ
  - Διόρθωση και αναγωγή των δεδομένων (λ.χ. σε Τα)
  - Συμπίεση των δεδομένων
  - Εφαρμογή σε πραγματικό χρόνο (R.T.)
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
  - Ακαταλληλότητα των υπολογιστικών και καταγραφικών διατάξεων γενικής χρήσης
  - Ανάγκη ανάπτυξης εξειδικευμένων συστημάτων για πολυκαναλικά σήματα

Στόχος

- Σχεδίαση-πραγματοποίηση ενός τέτοιου συστήματος
- Ανάδειξη επιδόσεων του
- Πρόσθετες αρετές:
  - Προσαρμογή σε ευρύ πεδίο εφαρμογών
  - Επεκτασιμότητα στο υλικό και στο λογισμικό
  - Ευελιξία και φιλικότητα στο χρήστη
  - Αξιοπιστία
  - Πλήρη αυτοματοποίηση λειτουργιών χωρίς την ανάγκη μεσολάβησης ανθρώπινου παράγοντα

Δομή

ΜΕΡΟΣ Ι:

- Μελέτη-σχεδίαση και υλοποίηση του συστήματος
- Ανάπτυξη απαραίτητου λογισμικού

ΜΕΡΟΣ ΙΙ:

- Εφαρμογή στην πολυκαναλική ηλιακή Ραδιοφασματογραφία
- Αλγόριθμοι Συμπίεσης

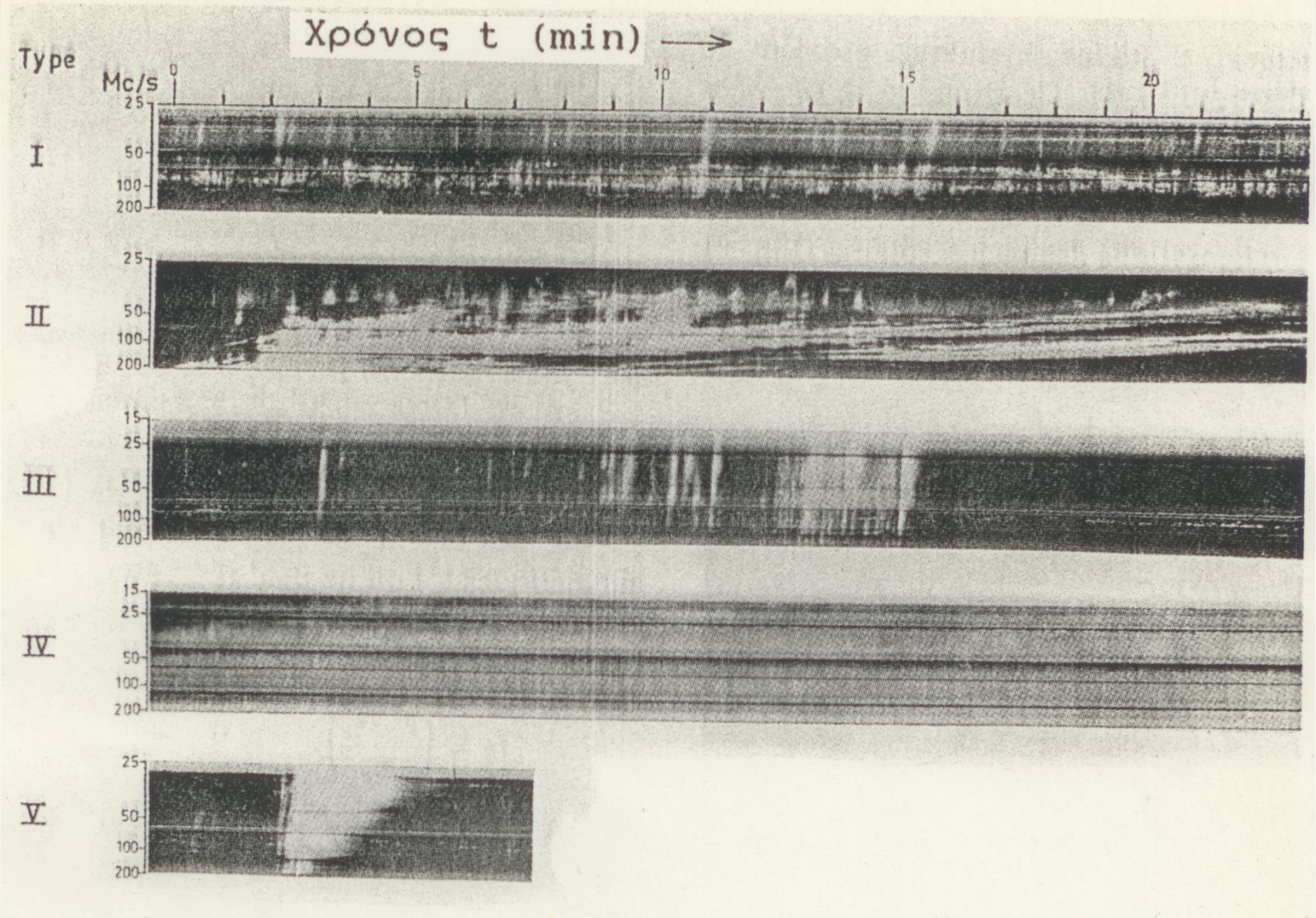
ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ:

- Μερικά πρώτα αποτελέσματα
- Συμπεράσματα - Προοπτικές

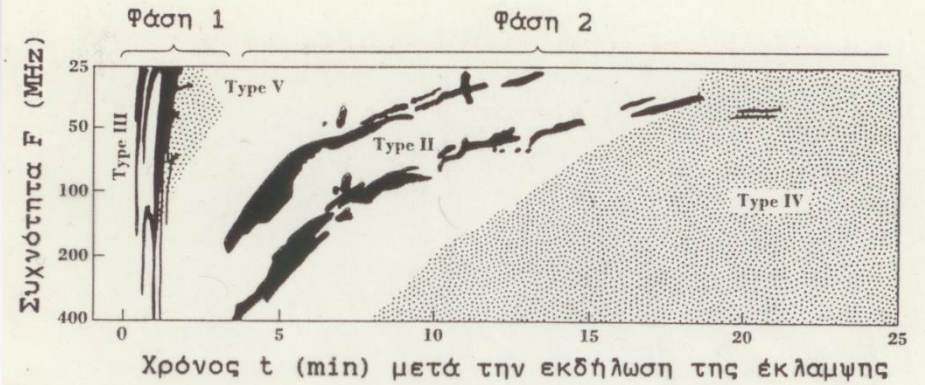
Ταξινόμηση και ιδιότητες ραδιοεξάρσεων

- Μελέτη ραδιοεξάρσεων → Ραδιοεικόνα (ραδιοηλιογράφοι)
  → Δυναμικό φάσμα: I=I(f,t) (ραδιοφασματογράφοι)
- Ταξινόμηση: I, II, III, IV, V, U, N, J
- Ιδιότητες

ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΣΤΟ ΦΑΣΜΑ
III	0.5 – 10 sec	Μεγάλη	~100 MHz sec^{-1}
II	Μερικά λεπτά	Πολύ μικρή	≤1 MHz sec^{-1}
IV	Μερικά δευτερόλεπτα	Σπάνια	Σύνθετα ραδιογεγονότα μεγάλου εύρους ζώνης
V	1-2 λεπτά	Μικρή	~Ίδια με τύπου III
I	Μεμονωμένοι: μερικά δέκατα sec Καταιγίδες: Μερικές ώρες ή μέρες	Σχέση με ηλιακές κηλίδες	

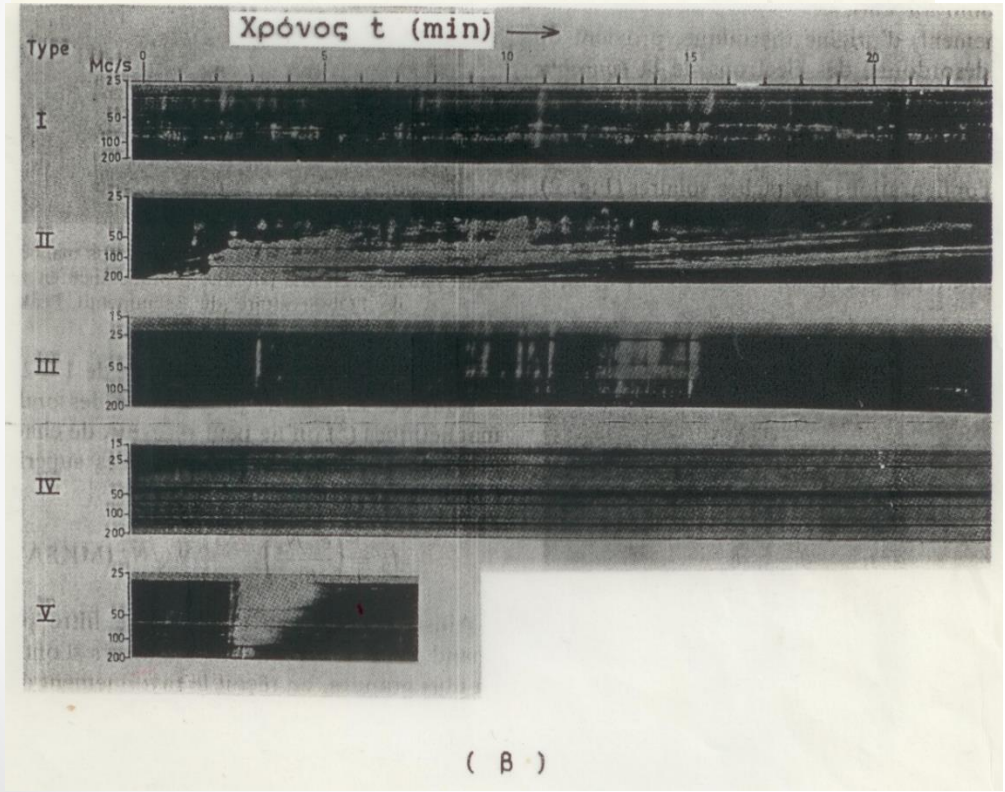


Καταγραφή σε φιλμ ηλιακών ραδιοεξάρσεων με τον προγενέστερο ηλιακό ραδιοφασματογράφο RSMN του Nançay, France



(α)

Διάγραμμα χρονικής εμφάνισης των διαφόρων τύπων δραστηριότητας μετά την έκλαμψη.

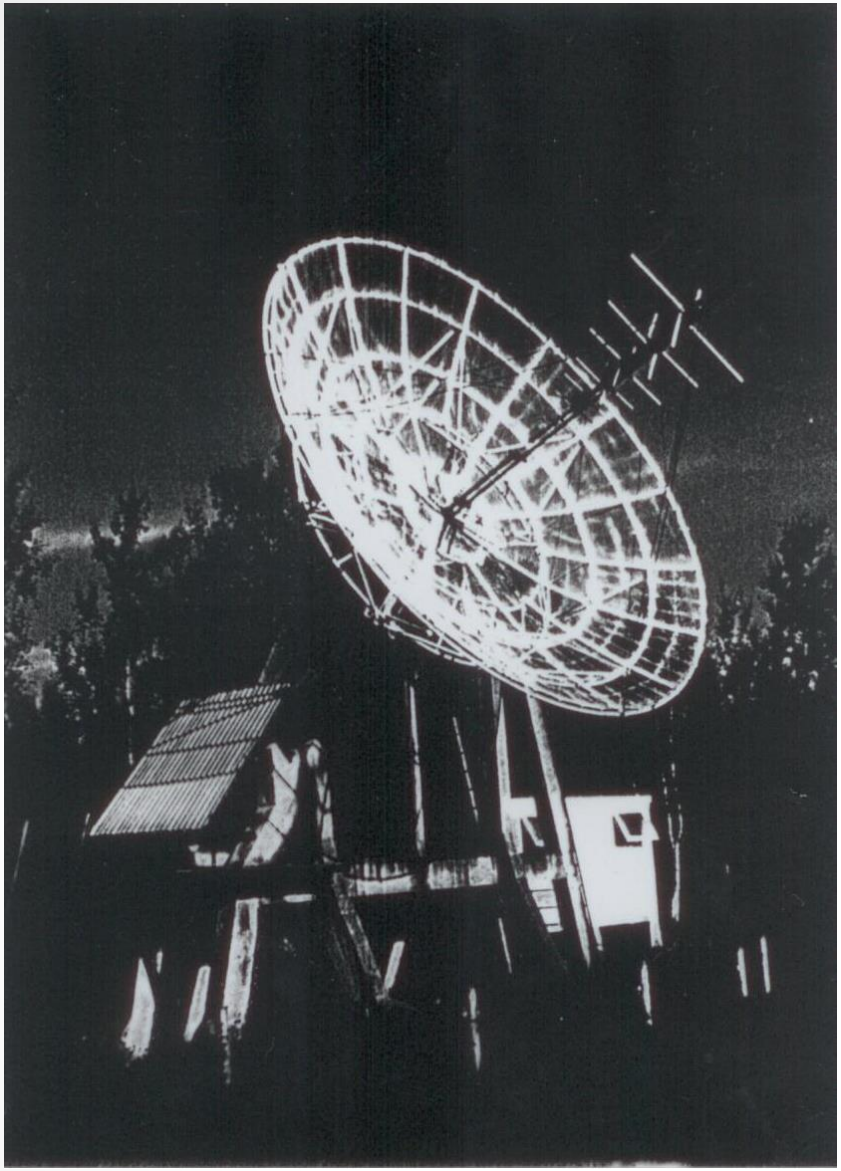


(β)

Καταγραφή σε φιλμ των τύπων I-V πραγματικού ηλιακού ραδιοσήματος από το σύστημα RSMN.

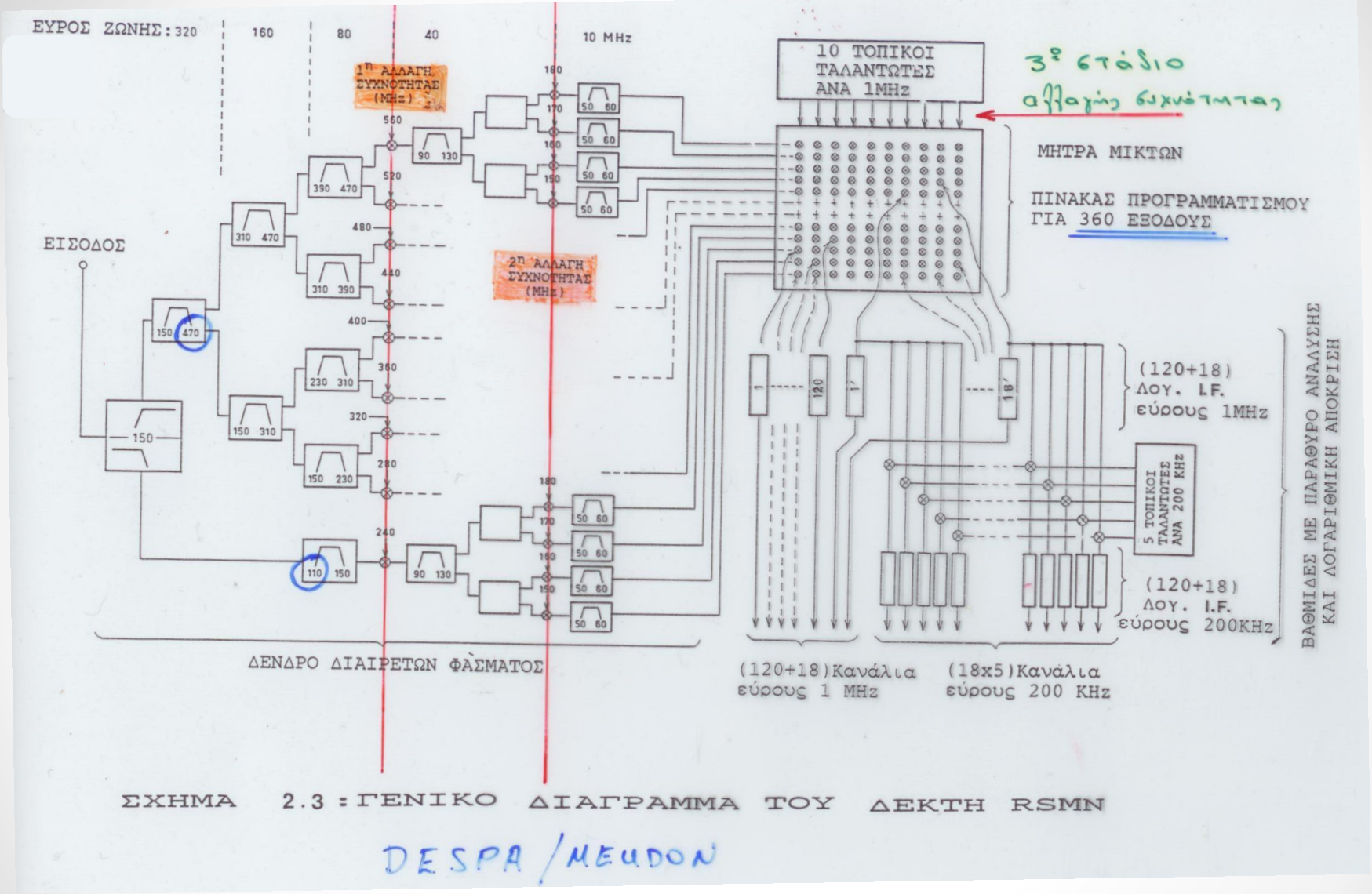
Ηλιακοί ραδιοφασματογράφοι

- **Ραδιοφασματογράφοι**
  - Σάρωσης (scanning)
  - Πολυκαναλικοί (multi channel)
  - Ακουστοοπτικός (AOS)
- **Χαρακτηριστικά**
  - Ευαισθησία
  - Δυναμική περιοχή κάλυψης
  - Ολικό εύρος ζώνης
  - Φασματική διακριτική ικανότητα
  - Χρονική διακριτική ικανότητα



Παραβολική κεραία του ARTEMIS I στο Nançay, France

Παραβολική Λογαριθμική κεραία του ARTEMIS IV στο σταθμό Θερμοπυλών

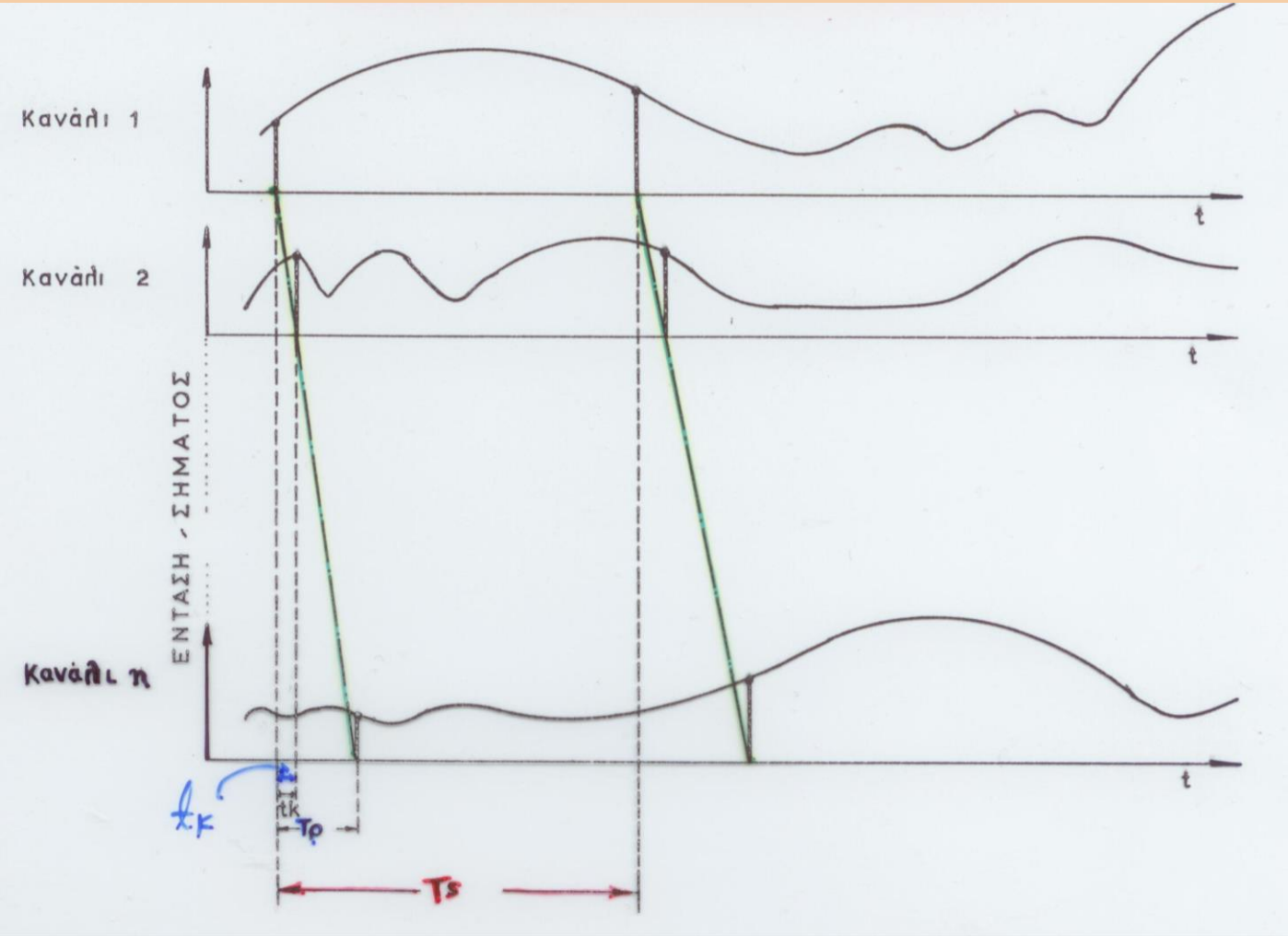


Διάγραμμα του Αναλογικού Δέκτη RSMN στο Nançay, France

Γενικές προδιαγραφές του Artemis

1. Δεδομένα από **128** αναλογικά κανάλια
2. Συχνότητα δειγματοληψίας **fs ≤ 100Hz/κανάλι**
3. Ψηφιοποίηση στα **12 bits** (4096 διακριτές στάθμες)
4. Χρήση εξωτερικής βάσης χρόνου
5. Χρονολόγηση κάθε μπλοκ δεδομένων
6. **Συμπίεση** του όγκου των δεδομένων
7. Καταγραφή και αποθήκευση σε μαγνητικές ταινίες

Μηχανισμός δειγματοληψίας



Μία μόνο συχνότητα fs που να αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη τιμή B_{max}

Δυναμική - Κβάντιση

$$D = 10\,log\frac{Ta_{max}}{Ta_{min}} \qquad Ta_{max} = \frac{S_m \times A_e}{k}$$

- Μέγιστη δυναμική του σήματος: 150 MHz ➡ 41.5db

  500 MHz ➡ 35.2db

- Ελάχιστη τιμή διακυμάνσεως της θερμοκρασίας:

$$\Delta T_{min} = Ta\frac{Ta_{max}}{\sqrt{B \cdot r}}$$

- Ελάχιστο βήμα κβάντισης:

$$\Delta D_{min} = 10log\left[\frac{Ta + \Delta T_{min}}{Ta_{min}}\right] = 10\log(1 + \frac{1}{\sqrt{B \cdot r}})$$

$$n = \frac{D}{\Delta D_{min}}$$ ➡

f_s	ΔD_{min}	n Στάθμες
20	$1{,}37 \cdot 10^{-12}$db	3.212
100	$3{,}06 \cdot 10^{-12}$db	1.438

αλλά $\mathbf{2^{11}} = 2048 < 3.212 < \mathbf{2^{12}} = 4096$

ΟΓΚΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

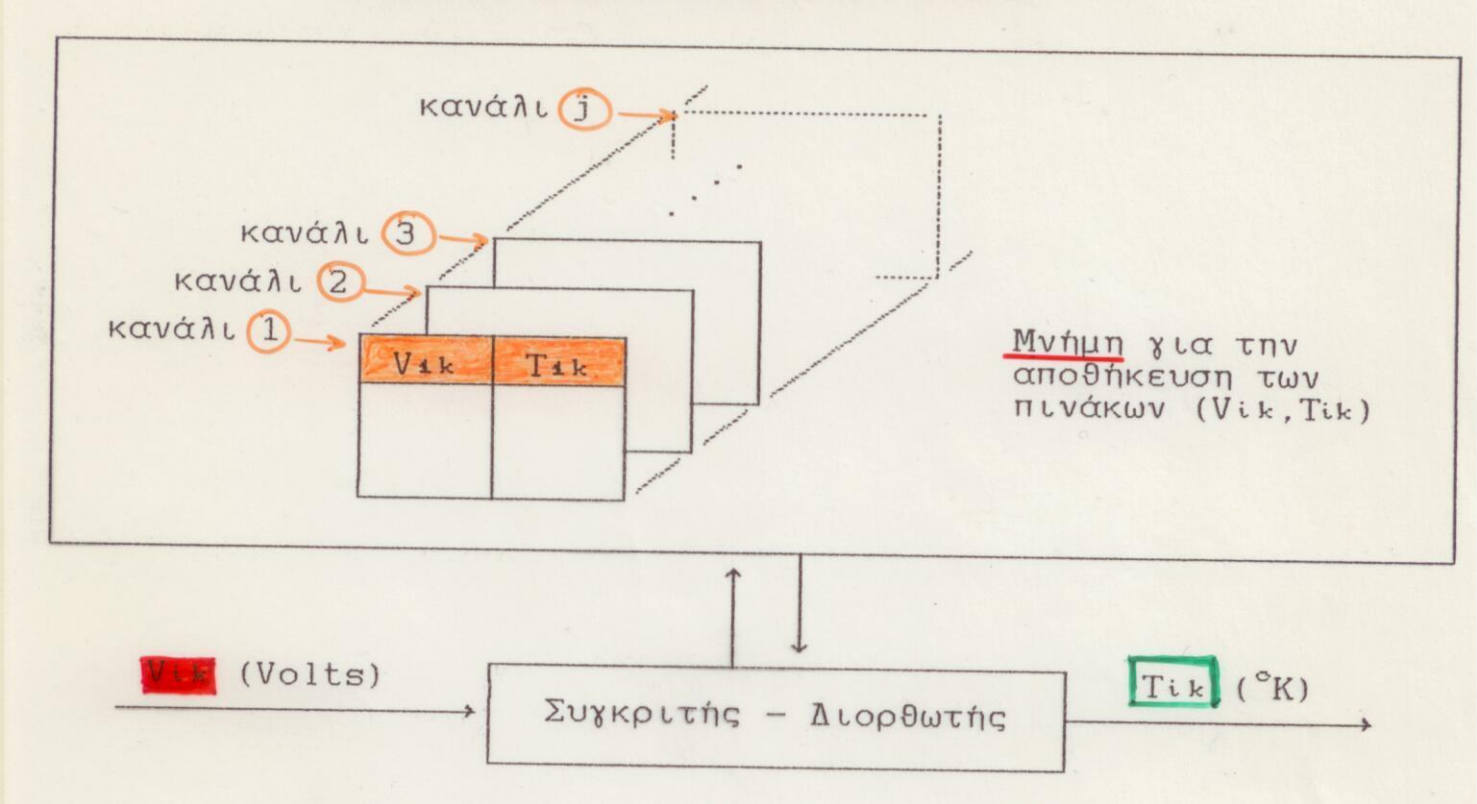
- Ρυθμός παροχής

  $\boldsymbol{R = f_s * N * q}$ = 25Kbytes/sec=200Kbits/sec
- Ημερήσιος όγκος (max)

  $\boldsymbol{V_{max} = R * t_{max}} \approx$ 1,3Gbytes
- Ταινία 2.400 ποδιών, d=6.250BPI

  12 ταινίες / ημέρα
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: Ανάγκη ανάπτυξης *αποτελεσματικού αλγορίθμου* συμπίεσης σε R.T.

ΑΝΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ T_α ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ



Διάγραμμα μετατροπής της Θερμοκρασίας κεραίας *Τα* σε volts με τη βοήθεια πινάκων αντιστοίχισης για κάθε κανάλι.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ

- Αρθρωτό (modular) σύστημα

- Η απαίτηση λειτουργίας σε R.T. συνεπάγεται μικ/κά συστήματα
  - Γρήγορα συστήματα χρονισμού (timing)
  - Τεχνικές διακοπών της CPU (interrupts)
  - DMA μεταφορές
  - Ταχείς μηχανισμούς διαιτησίας (arbitration)
  - Πολυεπεξεργασία (multitasking)

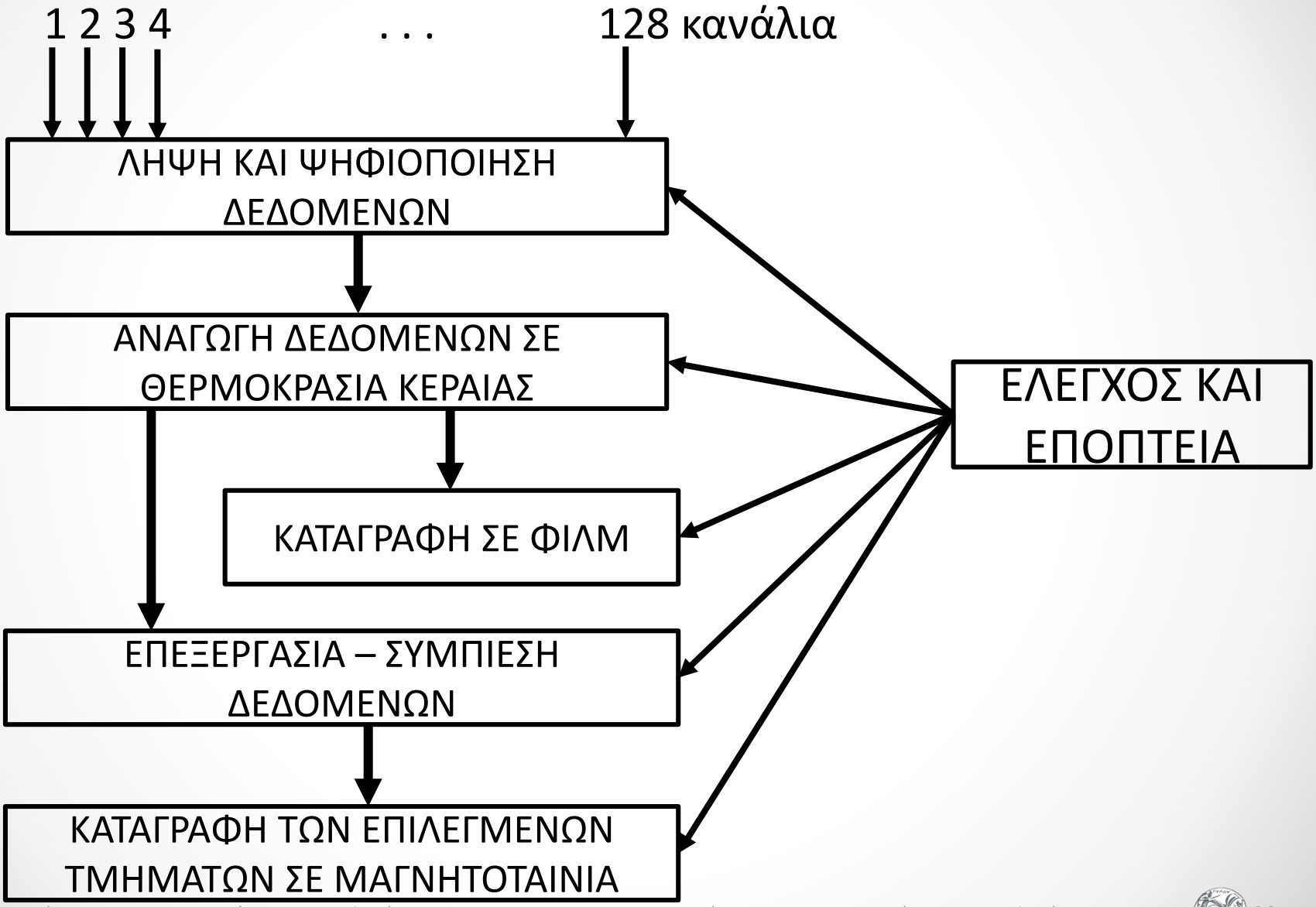
ΕΠΙΛΟΓΗ VME ΑΡΤΗΡΙΑΣ

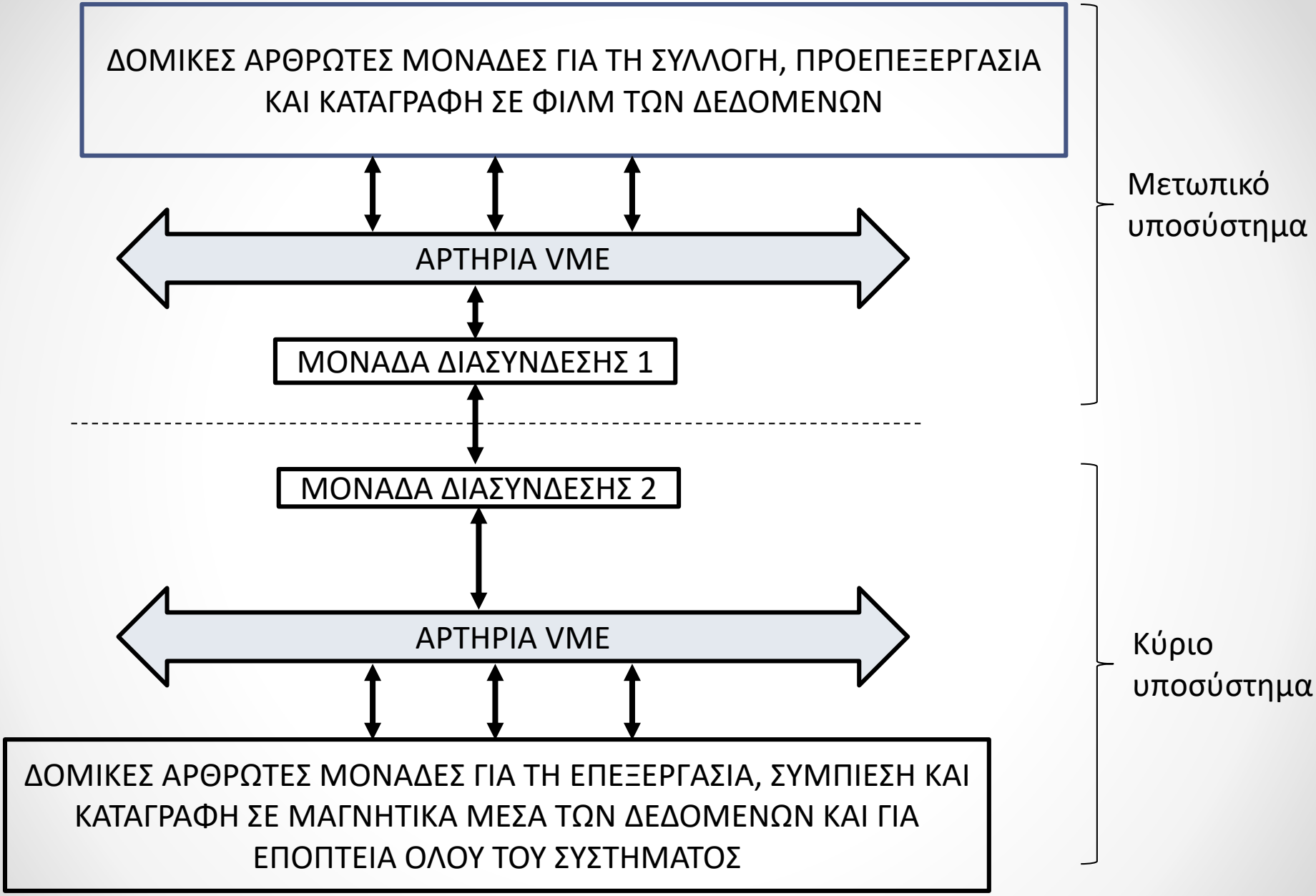
- Καθιερωμένη στο χώρο των εφαρμογών R.T.
- Τυπική αρχιτεκτονική, υψηλή απόδοση, μεγάλη αξιοπιστία και ανοιχτή για μέλλον ανάπτυξη
- Δρομολόγηση των **8, 16** ή **32 bits**
- Ταχύτητες μεταφοράς μέχρι **33 Mbytes/sec**
- Συνύπαρξη μικροεπεξεργαστών και πρόσβαση στους κοινούς πόρους **(resources)**
- **4** επίπεδα διαιτησίας, **7** επίπεδα διακοπής

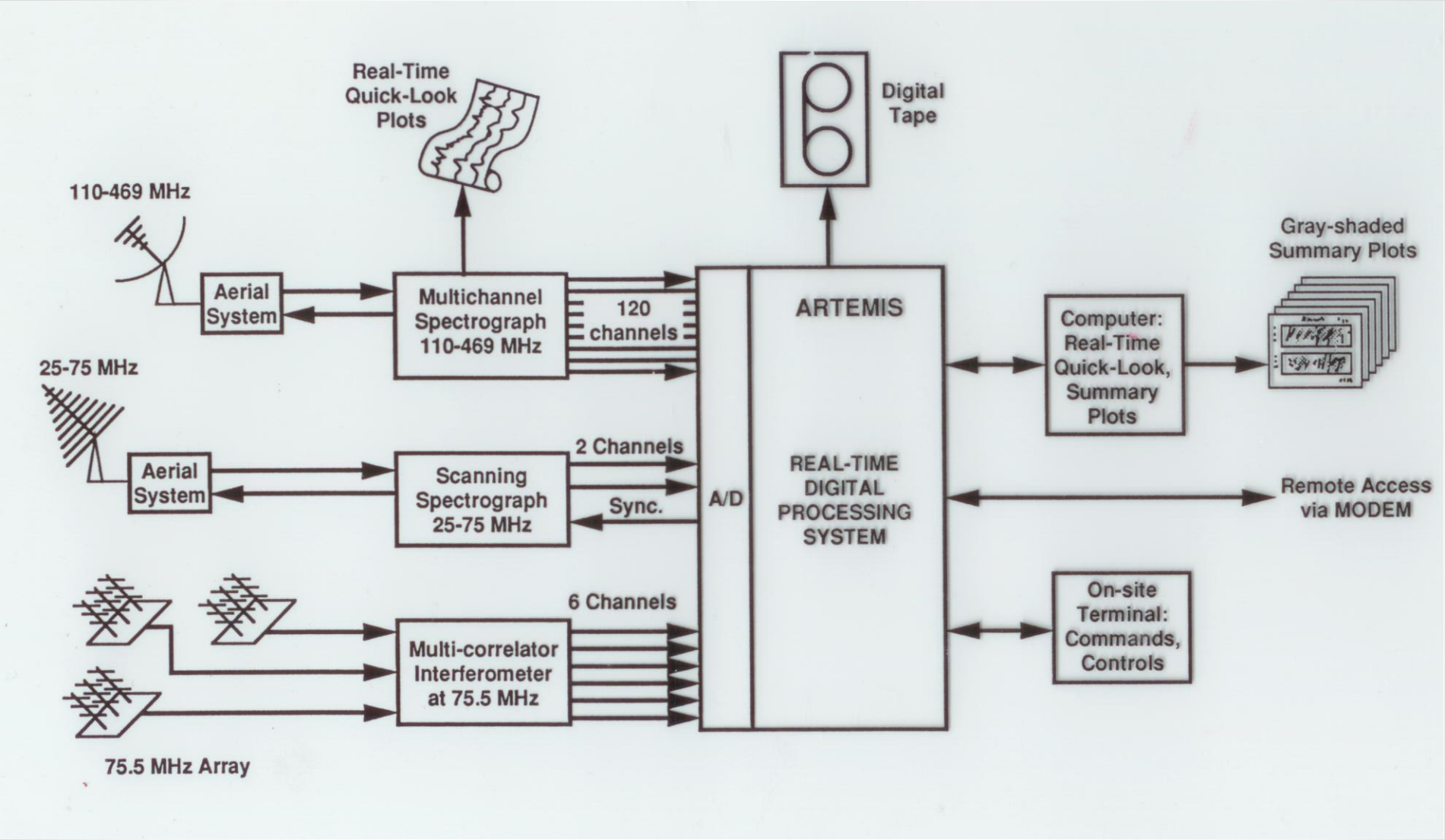
ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ARTEMIS

- Αρχιτεκτονική δομή
- Λ.Σ. Versados
  - Πολυπρογραμματισμός σε RT (RMS68K)
  - Ενδοεπικοινωνία εκτελούμενων εργασιών
  - Χρονοδρομολόγηση διεργασιών βάσει προτεραιότητας (0-255)
  - Αρθρωτό περιβάλλον λογισμικού
  - Σηματοφορείς (semaphores)
  - ⋮
- Προγραμματιστικά εργαλεία (tools)
  - Dumpanal, Sysamal, Symbug
  - Μακροσυμβολομεταφραστές (macro assemblers)
  - Ετεροχρονιστής (spooler)
  - Διασυμβολομεταφραστές κ.λπ. (cross assemblers)

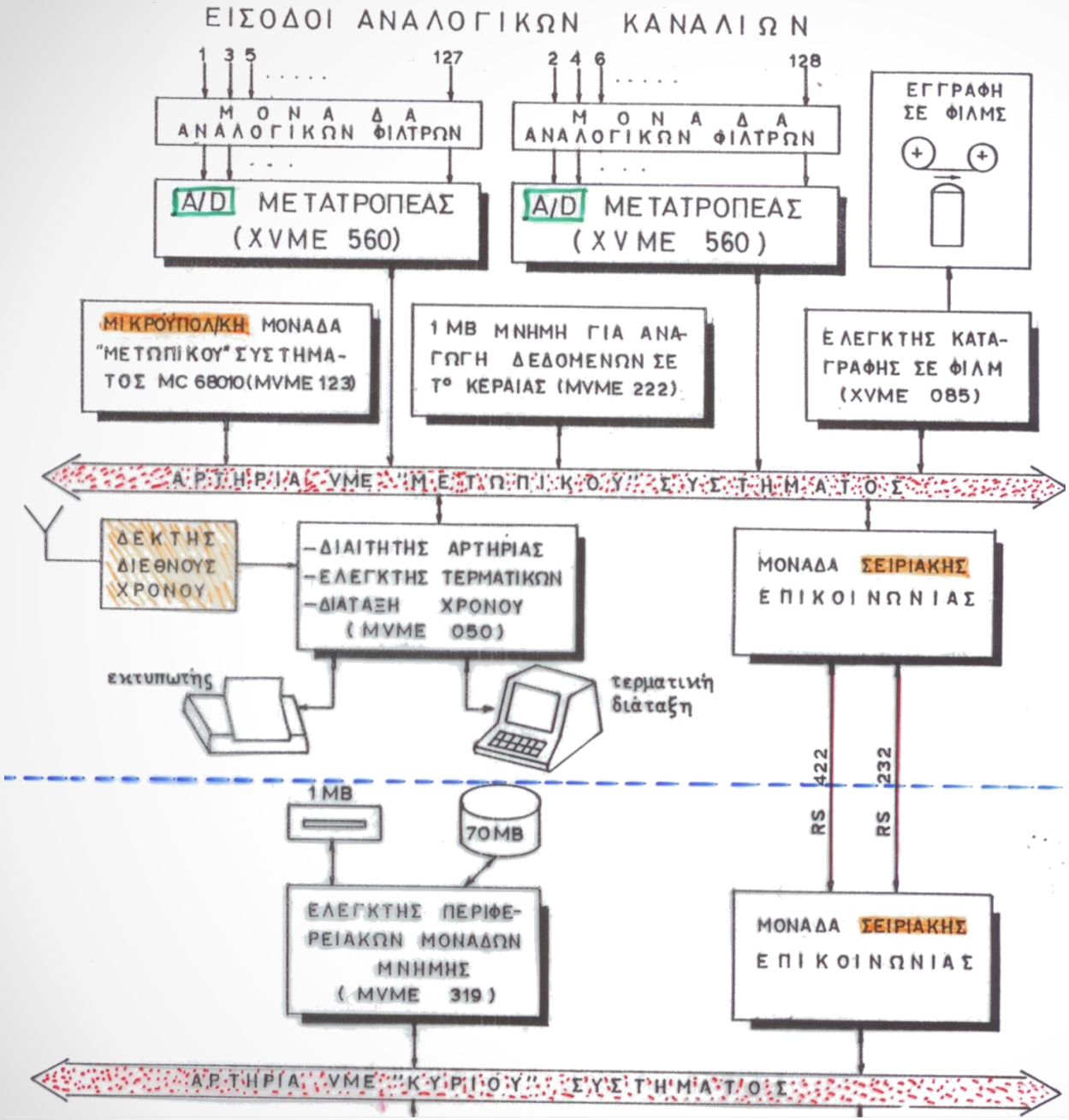
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (Σχήμα 4.1)



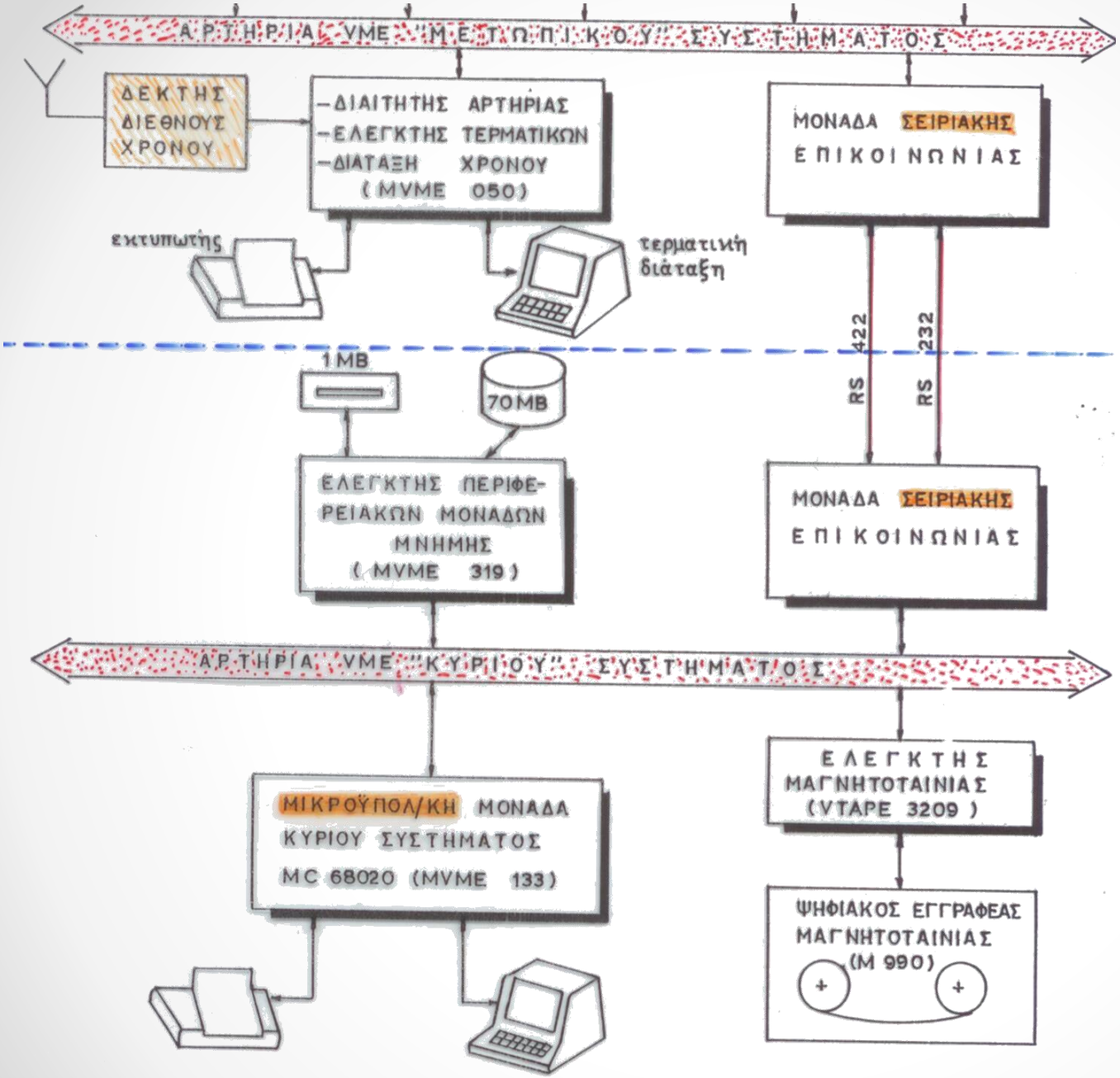

ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΡΘΡΩΤΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ, ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΕ ΦΙΛΜ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΑΡΤΗΡΙΑ VME
ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ 1
Μετωπικό υποσύστημα
ΜΟΝΑΔΑ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ 2
ΑΡΤΗΡΙΑ VME
ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΡΘΡΩΤΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ, ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΓΙΑ ΕΠΟΠΤΕΙΑ ΟΛΟΥ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
Κύριο υποσύστημα



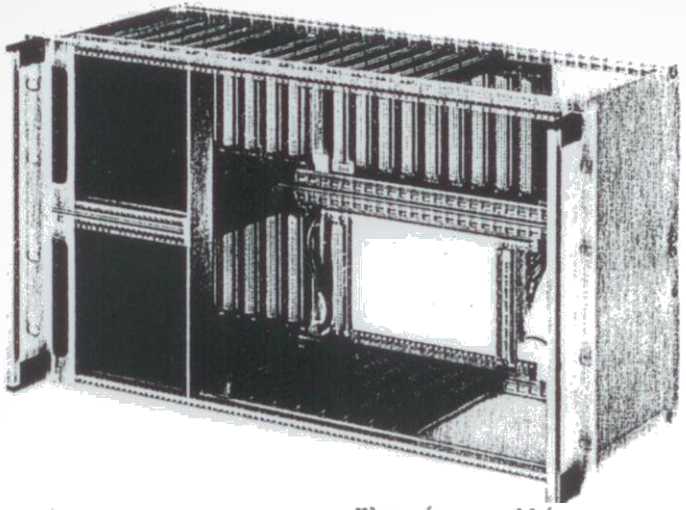
Συνοπτικό διάγραμμα των ηλιακών ραδιοδεκτών με το Ψηφιακό σύστημα ARTEMIS στο Nançay, France



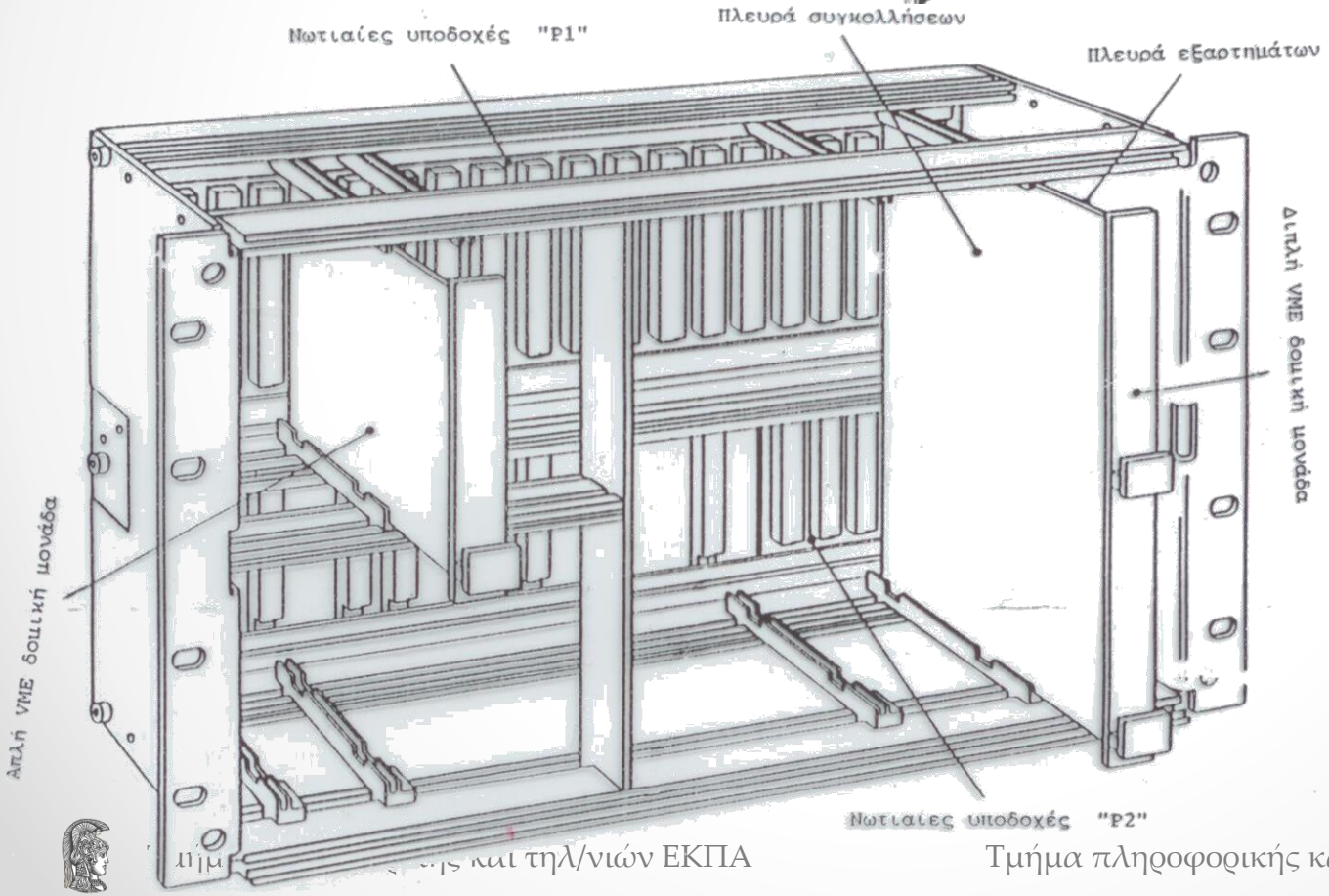
Περιγραφή εικόνας



Μπλοκ διάγραμμα του ψηφιακού συστήματος ARTEMIS στο Nançay, France

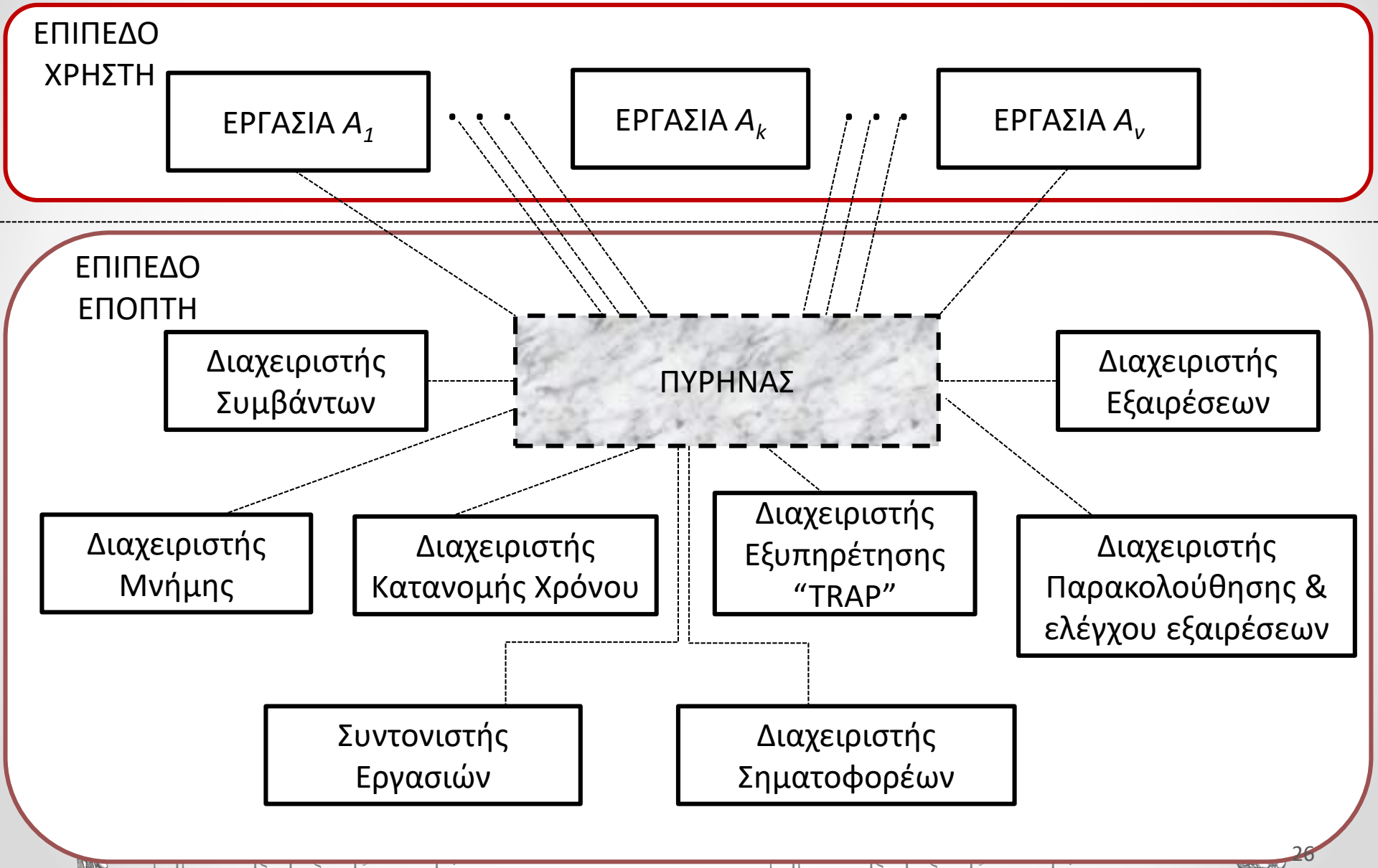


Πραγματικό κιβώτιο με αρτηρίες VME στο οποίο υλοποιήθηκε το σύστημα ARTEMIS

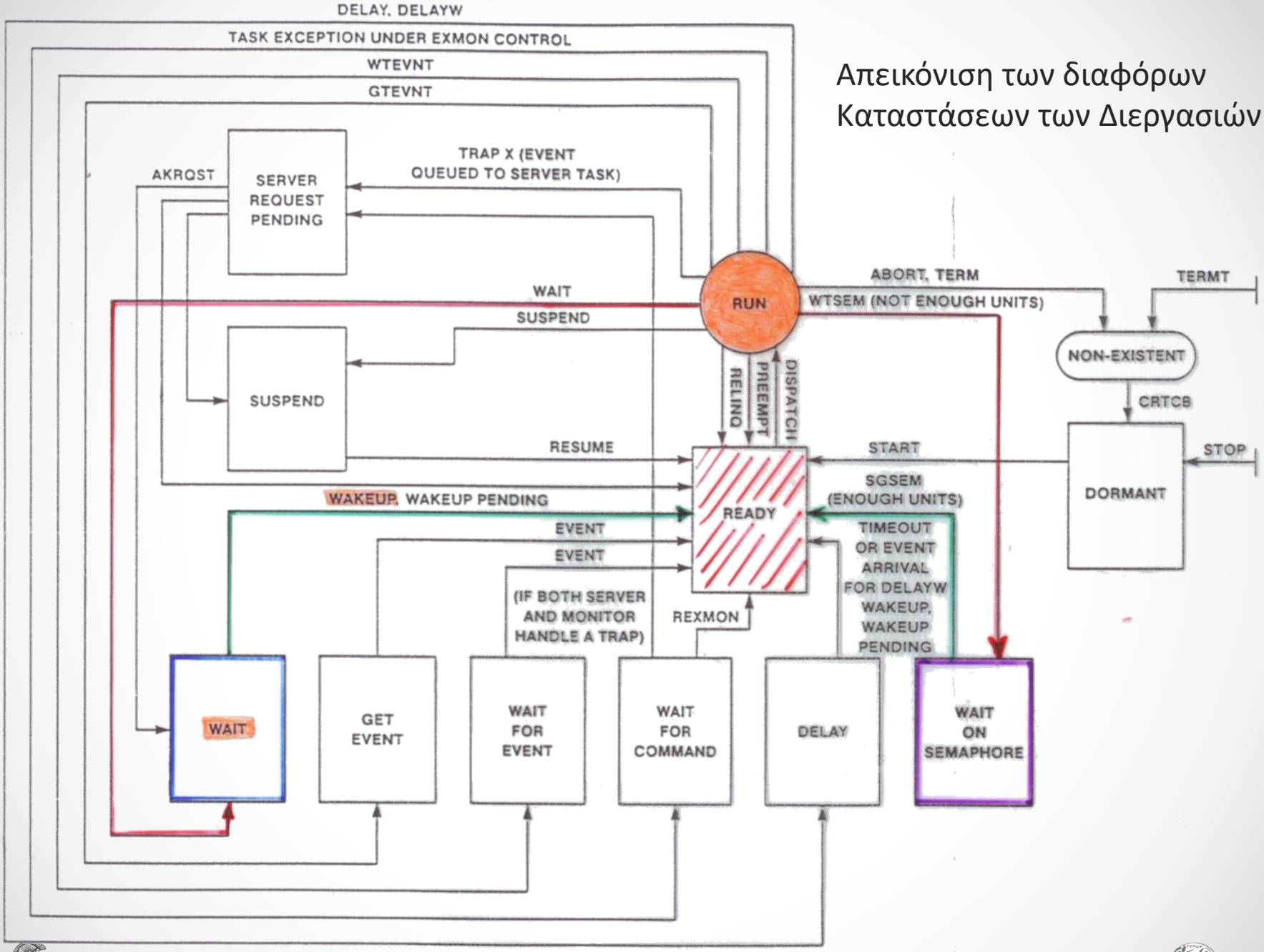


Διάγραμμα κιβωτίου με τα slots του VME Bus.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΣ ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΠΟΠΤΕΥΟΝΤΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RMS68K



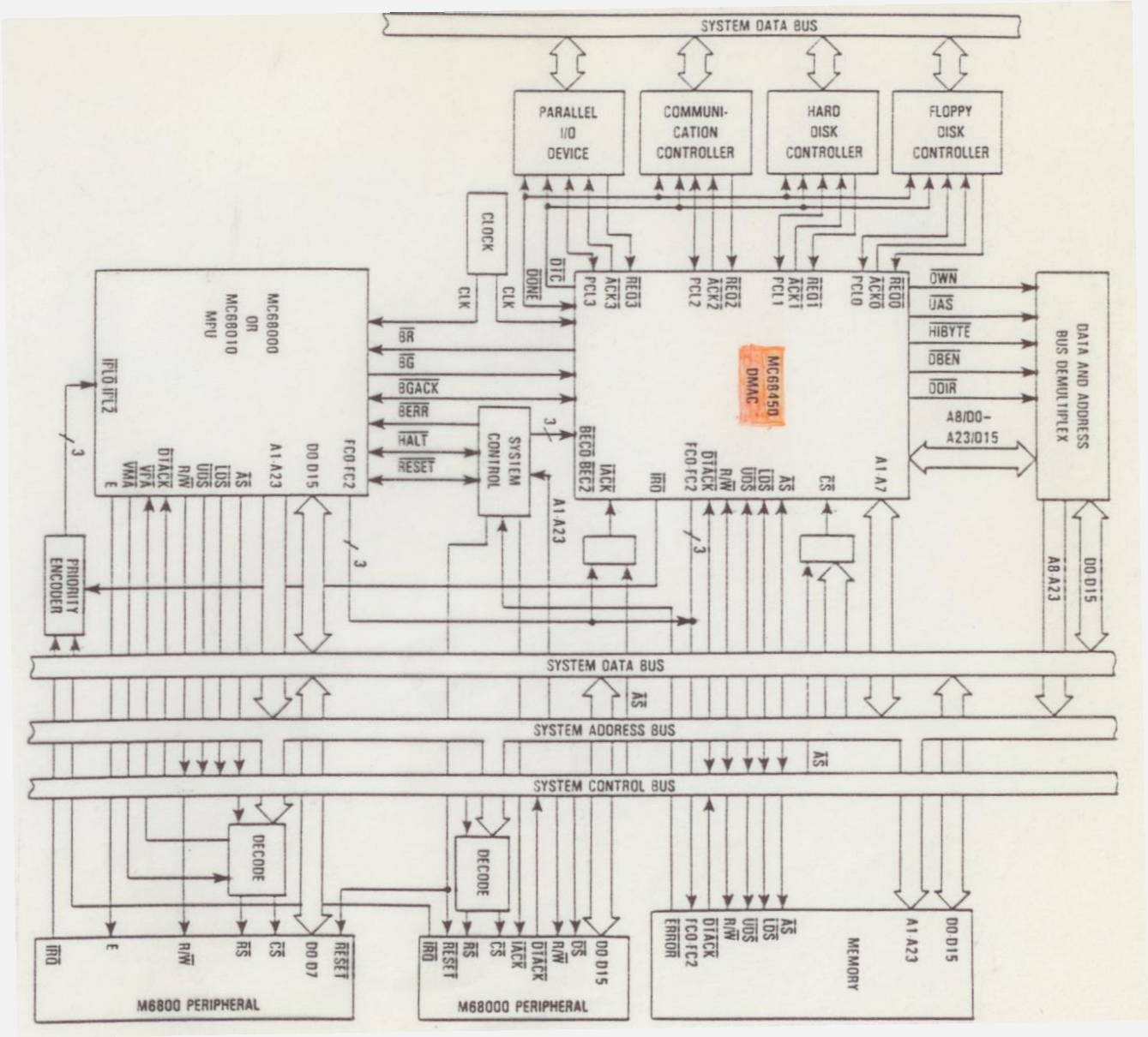
Απεικόνιση των διαφόρων Καταστάσεων των Διεργασιών



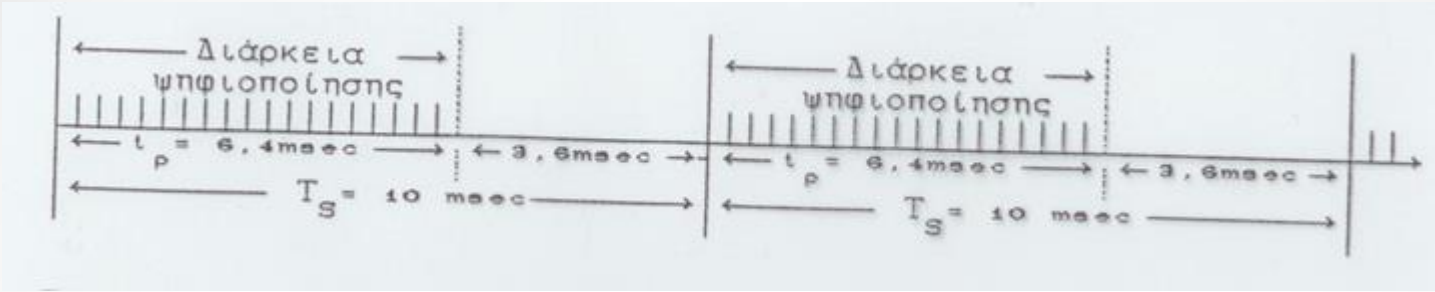
ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΑΜΕΣΗΣ ΠΡΟΣΠΕΛΑΣΗΣ ΣΤΗ ΜΝΗΜΗ (DMAC MC68450)

Κύρια Χαρακτηριστικά

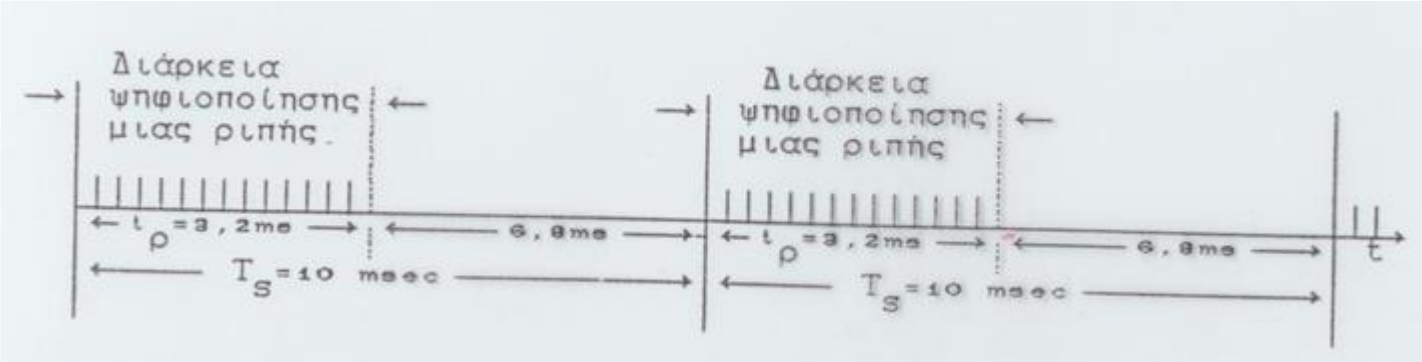
- 4 ανεξάρτητα κανάλια με προγρ/μες προτεραιότητες
- Αρτηρία διευθύνσεων εύρους 24bits
- Ταχύτητα μεταφοράς μέχρι 5 Mbytes/sec
- Ευελιξία απόκρισης στις αιτήσεις μεταφοράς
  - Μέγιστη ή προγρ/νη ταχύτητα μεταφοράς (εσωτ. αιτήσεις)
  - "Κλοπή κύκλου" με ή χωρίς κράτηση (cycle steal with or without hold)
- Διακοπές στην CPU
- 3 τρόπους λειτουργίας:
  - Απλή μεταφορά ενός μπλοκ
  - Συνεχής
  - Αλυσιδωτή
- 17 καταχωρητές των 8, 16, 32 bits/κανάλι και 1 γενικού ελέγχου



Τυπικό κύκλωμα σύνδεσης του DMAC MC68450 σε σύστημα M68000



Διάγραμμα χρονισμού ψηφιοποίησης 128 καναλιών με διάταξη των A/D μετατροπέων σε σειρά

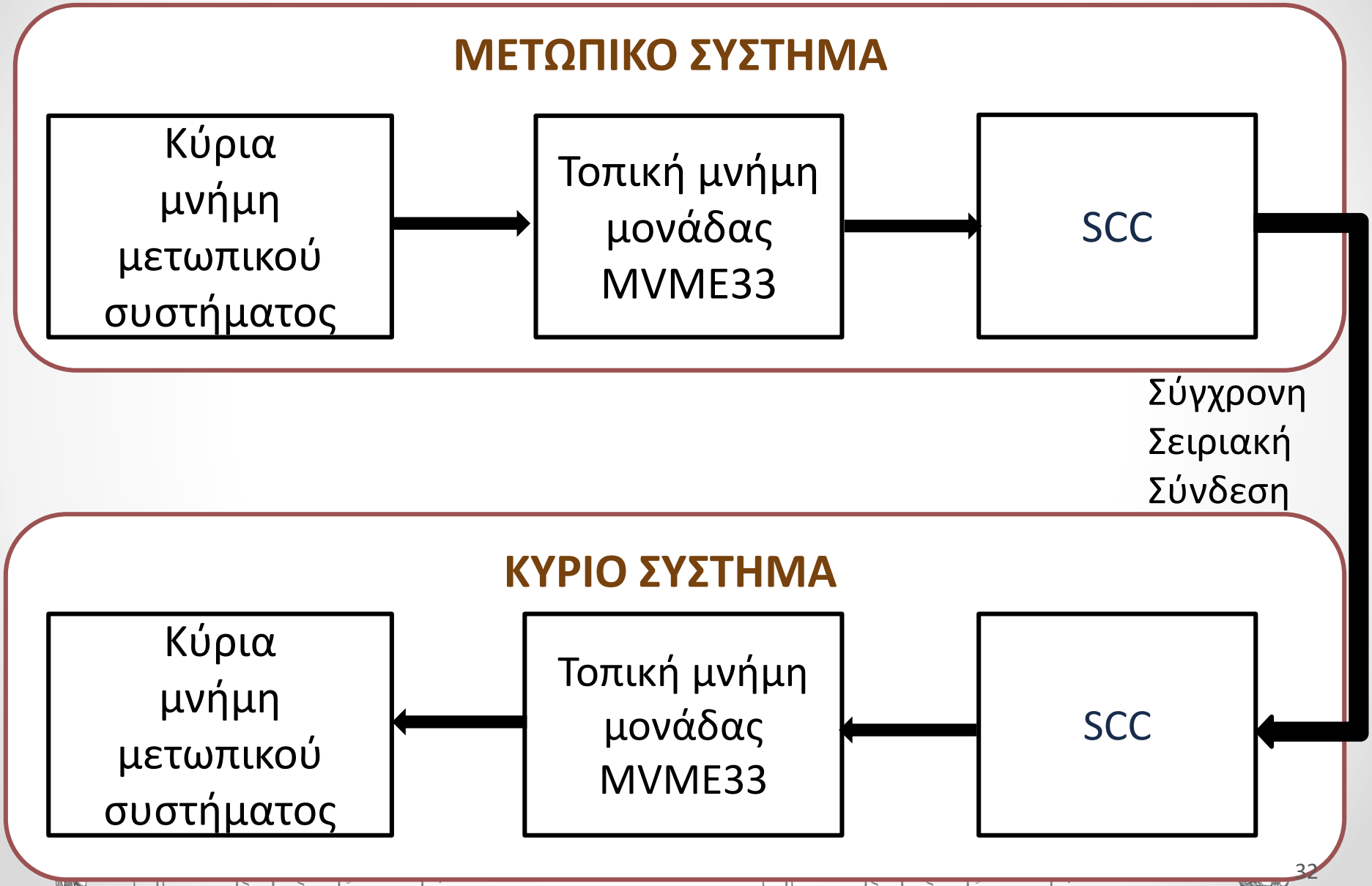


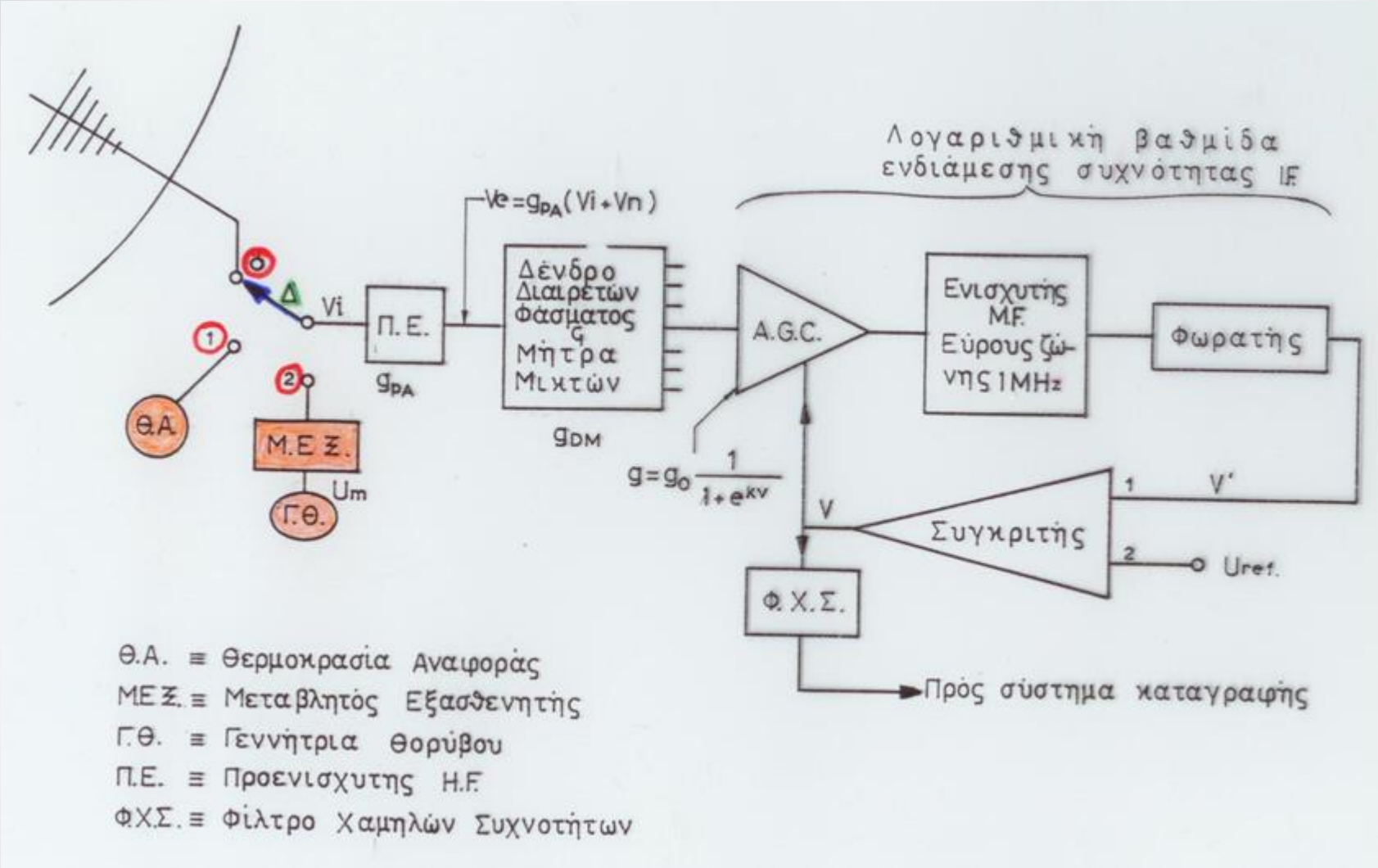
Διάγραμμα χρονισμού ψηφιοποίησης 128 καναλιών με αλληλοπαρεμβαλλόμενη διάταξη των καναλιών στους A/D. Εναλλασσόμενη ενεργοποίηση A/D.

Ζητήματα ροής δεδομένων & χρήσης αρτηρίας

- Ροή δεδομένων
  - Χρήση κώδικα για την αναγνώριση του αποθηκευτή
- Χρήση αρτηρίας VME
  - Ο DMAC δεν πρέπει να μονοπωλεί την αρτηρία VME
  - Ο συνήθης προγραμματισμός δεν επαρκεί
- Ειδικός προγραμματισμός του DMA0
  - Εσωτερική δημιουργία αιτήσεων μεταφοράς περιορισμένης ταχύτητας
  - Εναλλακτική χρησιμοποίηση της VME από CPU και DMA0 κάθε 32 κύκλους ρολογιού
  - Ποσοστό χρησιμοποίησης της αρτηρίας 25%

ΡΟΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΤΩΠΙΚΟ ΣΤΟ ΚΥΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ





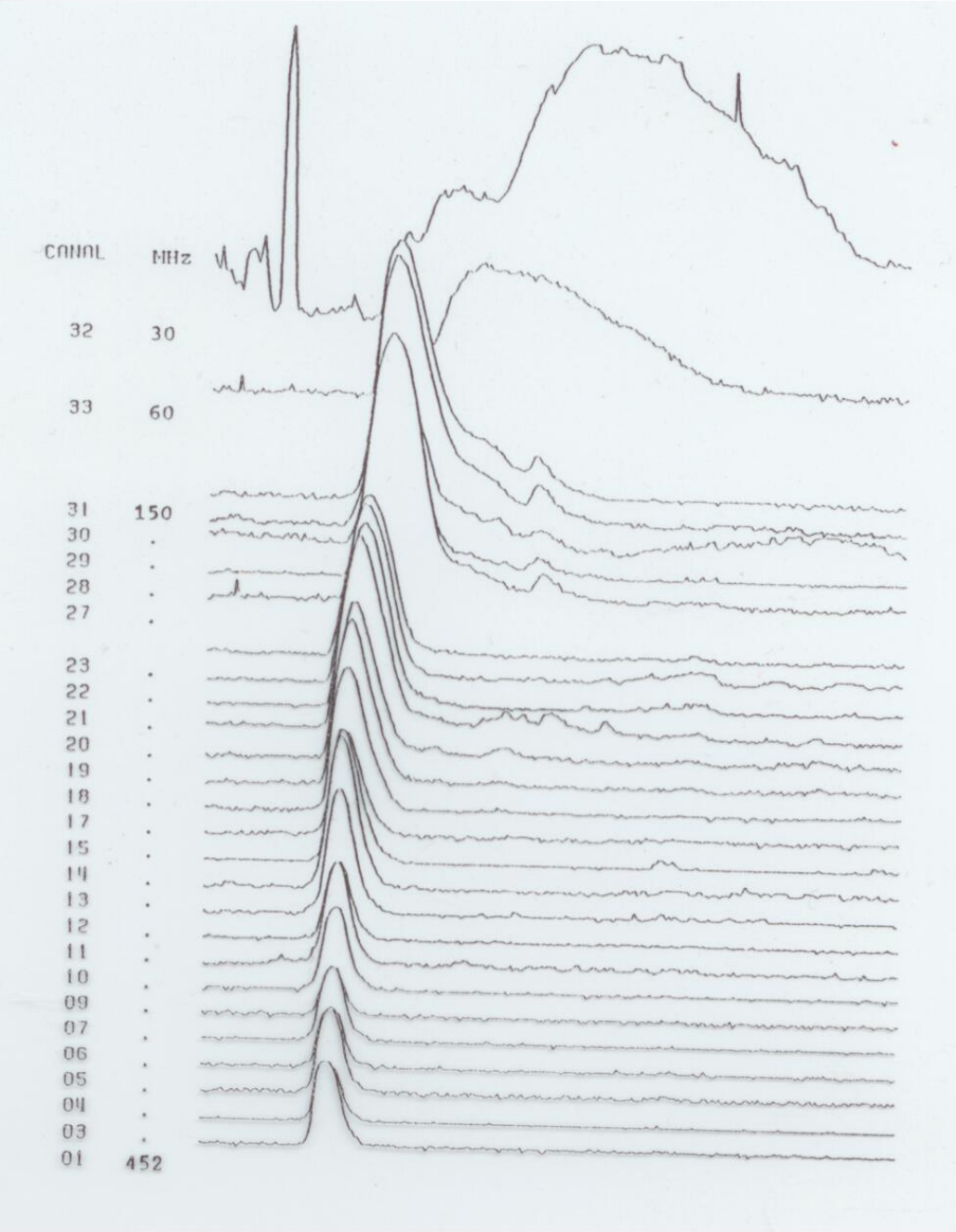
Απλοποιημένο διάγραμμα βαθμίδων του δέκτη

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

- Βασικές ιδιότητες του ηλιακού ραδιοσήματος
  - Άμεση σχέση με **11ετή** κύκλο
  - Η ένταση, η διάρκεια και η πιθανότητα εμφάνισης
  - Τυχαίο μη στατικό σήμα
  - Μεγάλα διαστήματα “σιωπής”
- Πρώτες προσπάθειες συμπίεσης
  - Ανάλυση Fourier **(F. F. T.)**
  - Μέθοδοι πρόγνωσης **(Prediction)**

$$\hat{Y} = \sum_{j=1}^{m} a_j Y_m - j$$

Αν $\left|\boldsymbol{Y_n} - \widehat{\boldsymbol{Y}}_{\boldsymbol{n}}\right| \leq \boldsymbol{\delta}$ ⟶ η Y_n “απορρίπτεται” σαν πλεονασμός



Αναλογικό σήμα 32 καναλιών στους 30-450 MHz του ηλιακού ραδιοσήματος σε στιγμή ραδιοέξαρσης

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- Καταγραφή δραστηριότητας μιας χρονικής περιόδου
  - **Αρκετούς τύπους ραδιοεκπομπών**
  - **Κρουστικά παράσιτα**

1. Εικόνες έντασης **μοναδικής** μέχρι σήμερα χρονικής και φασματικής ικανότητας
2. Επεξεργασία ψηφιακού σήματος με διαφορικό τρόπο - ευχέρειες ψηφιακής καταγραφής
   - Ανάδειξη λεπτομερειών της δομής για ισχυρά, όσο & ασθενή σήματα
   - Εξαγωγή αξιόπιστων ποσοτικών παραμέτρων:
     - σταθερές χρόνου εκθετικής πτώσης
     - διάρκεια μέσης ισχύος κ.λπ.
   - Διαχωρισμό μερικά επικαλυπτόμενων φαινομένων
   - Αποκάλυψη αόρατων συνιστωσών της δομής
   - Εξαγωγή αξιόπιστων ποσοτικών παραμέτρων:
3. Επιβεβαίωση της άριστης λειτουργίας του συμπιεστή
   - Απόρριψη περιόδων ηρεμίας
   - Διαχωρισμός κρουστικών παρασίτων από δραστηριότητα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Το σύστημα πέτυχε πλήρως τους στόχους του
  - Υπερκαλύπτει τις προδιαγραφές
  - Μοναδικές στο είδος του επιδόσεις
- Data acquisition- Συμπίεση πολυκαναλικού σήματος σε πραγματικό χρόνο

1. Ψηφιοποίηση 128 αναλ. καναλιών ταυτόχρονη και κατά τρόπο συνεχή – επέκταση στα 256.
2. Ρυθμός στα **100 p.p.s/κανάλι** – άμεση δυνατότητα στα **300 p.p.s**
3. Διόρθωση-αναγωγή σε **Τα**
4. Συμπίεση όγκου δεδομένων
5. Περιστολή του όγκου τουλάχιστον στο 1/20 του αρχικού
6. Διάσωση όλων των λεπτομερειών
7. Απόρριψη περιόδων ηρεμίας ακόμη και παρουσία παρασίτων
8. Ψηφιακή επεξεργασία

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (συνέχεια)

- Η εκτέλεση εργασιών σε R.T. όπως και τα 3. και 4. απελευθερώνει μεγάλο αριθμό ανθρωποωρών
- Πλήρης αυτοματοποίηση χωρίς παρέμβαση του χρήστη
- Καταγραφή ραδιοεξάρσεων με τέτοια **ακρίβεια έντασης** και τέτοια **φασματική και χρονική διακριτική ικανότητα** που ποτέ στο παρελθόν δεν έχουν επιτευχθεί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (συνέχεια)

Τεχνική πλευρά

- Ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού υποστήριξης που εξασφαλίζει:
  - Διάλογο μεταξύ μικροεπεξεργαστών
  - Συγχρονισμό στην εκτέλεση των διάφορων εργασιών
  - Σειριακή επικοινωνία μεταξύ υποσυστημάτων σε μεγάλες ταχύτητες (1,5 Mbits/sec)
  - Αποφυγή συγκρούσεων στη διεκδίκηση της αρτηρίας
- Εκμετάλλευση χρόνου επεξεργαστών

  α) Τεχνική interrupts – αποφυγή polling

  β) Μεταφορές με DMA

  γ) σωστή κατανομή εργασιών στις δομικές μονάδες

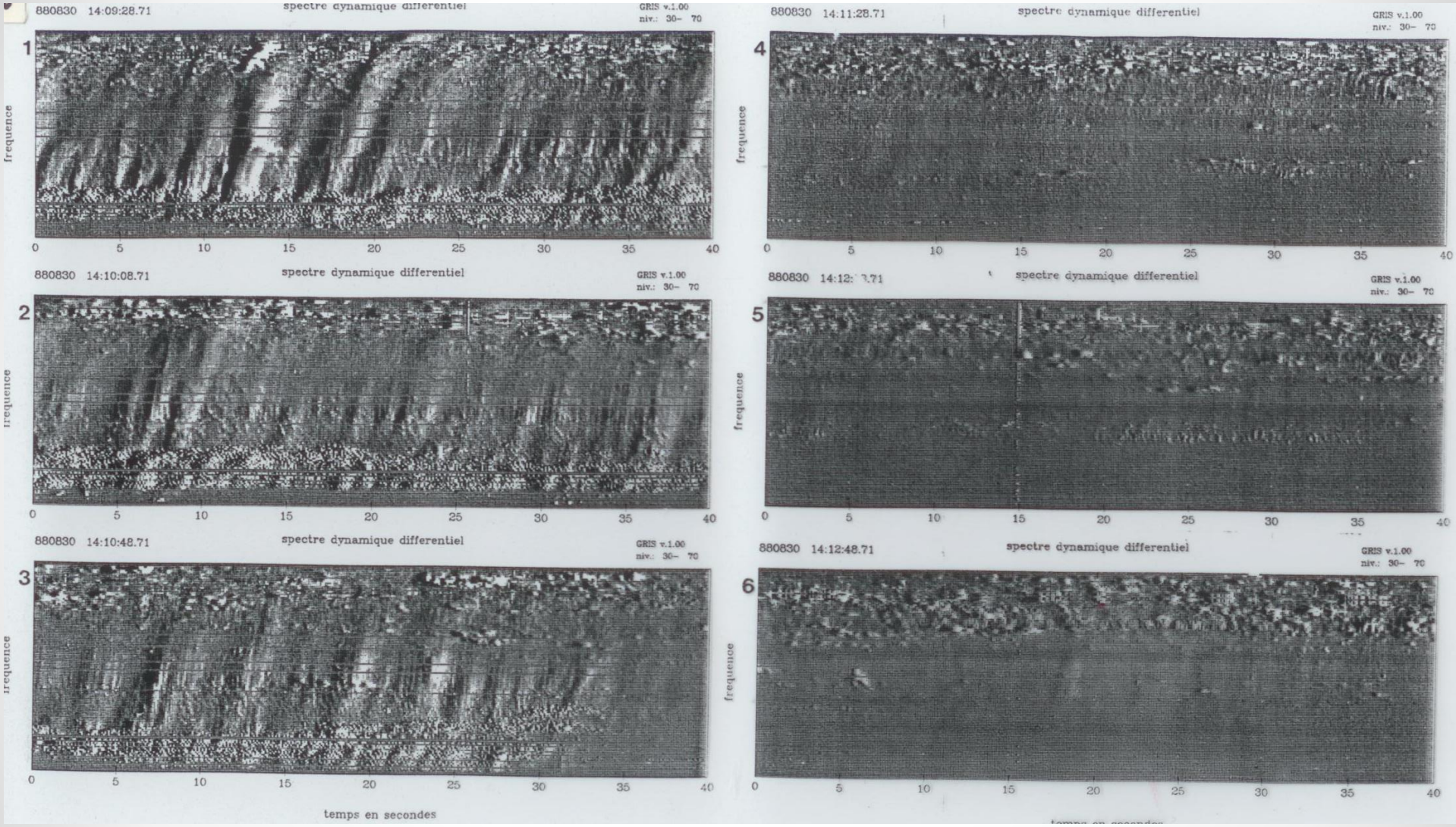
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

- Η αρθρωτή αρχιτεκτονική δομή εξασφαλίζει την παραπέρα ανάπτυξη του συστήματος
  1. Διάταξη εποπτικής παρακολούθησης (monitoring)
  2. Διάταξη καταγραφής σε συνεπτυγμένη μορφή (quick look)
  3. Προσθήκη νέων δομικών μονάδων VME για ικανοποίηση μελλοντικών απαιτήσεων, π.χ. οπτικών δίσκων
  4. Βελτίωση αλγόριθμου συμπίεσης

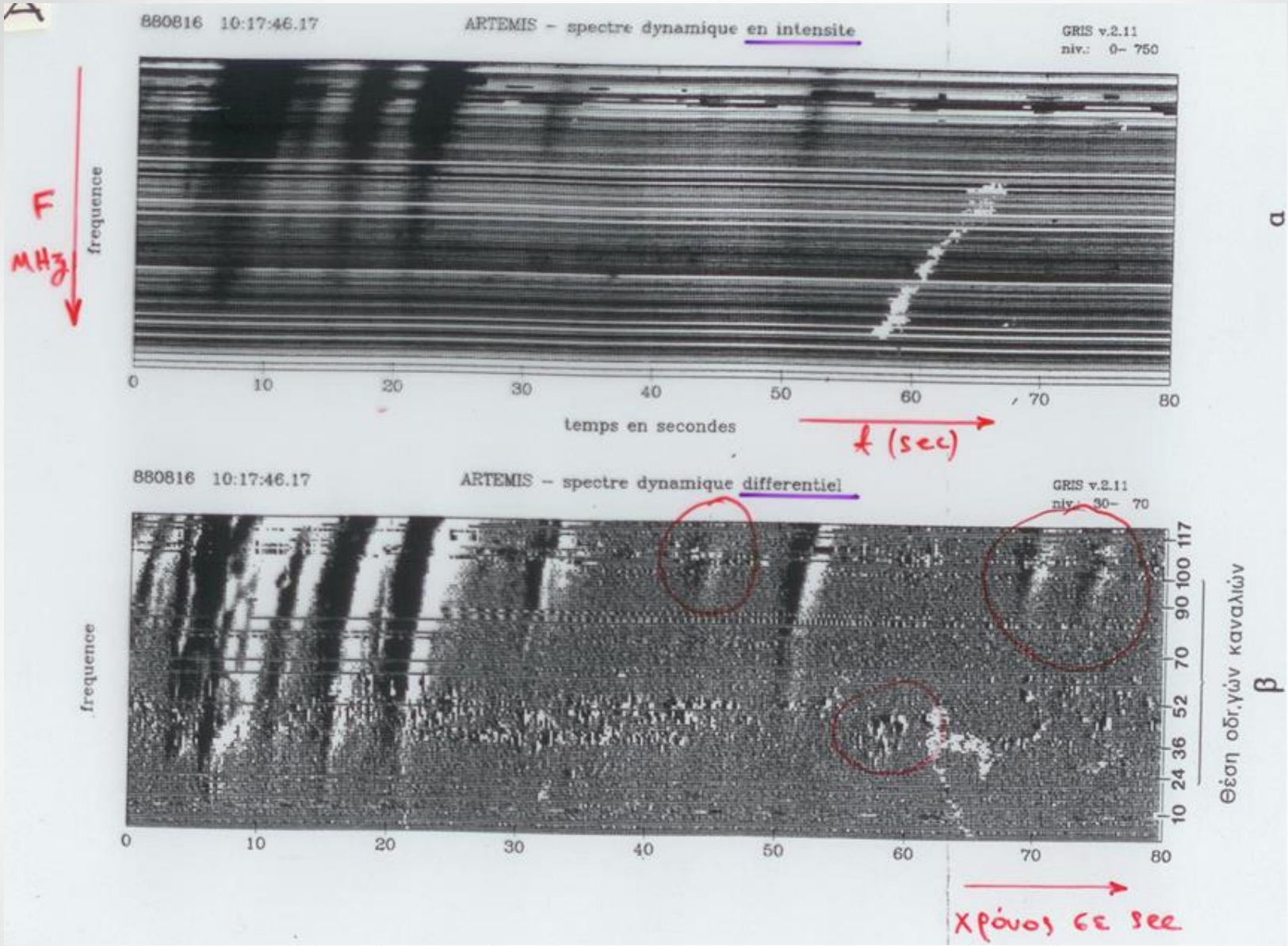
ΣΤΟΧΟΙ

- Αναγνώριση μορφής – μετάπτωση στον κατάλληλο αλγόριθμο
- Διδιάστατη συμπίεση στο εσωτερικό των περιόδων δραστηριότητας αλλά και στις διάφορες φασματικές ζώνες
- 2η φάση συμπίεσης (π.χ. τη νύχτα)

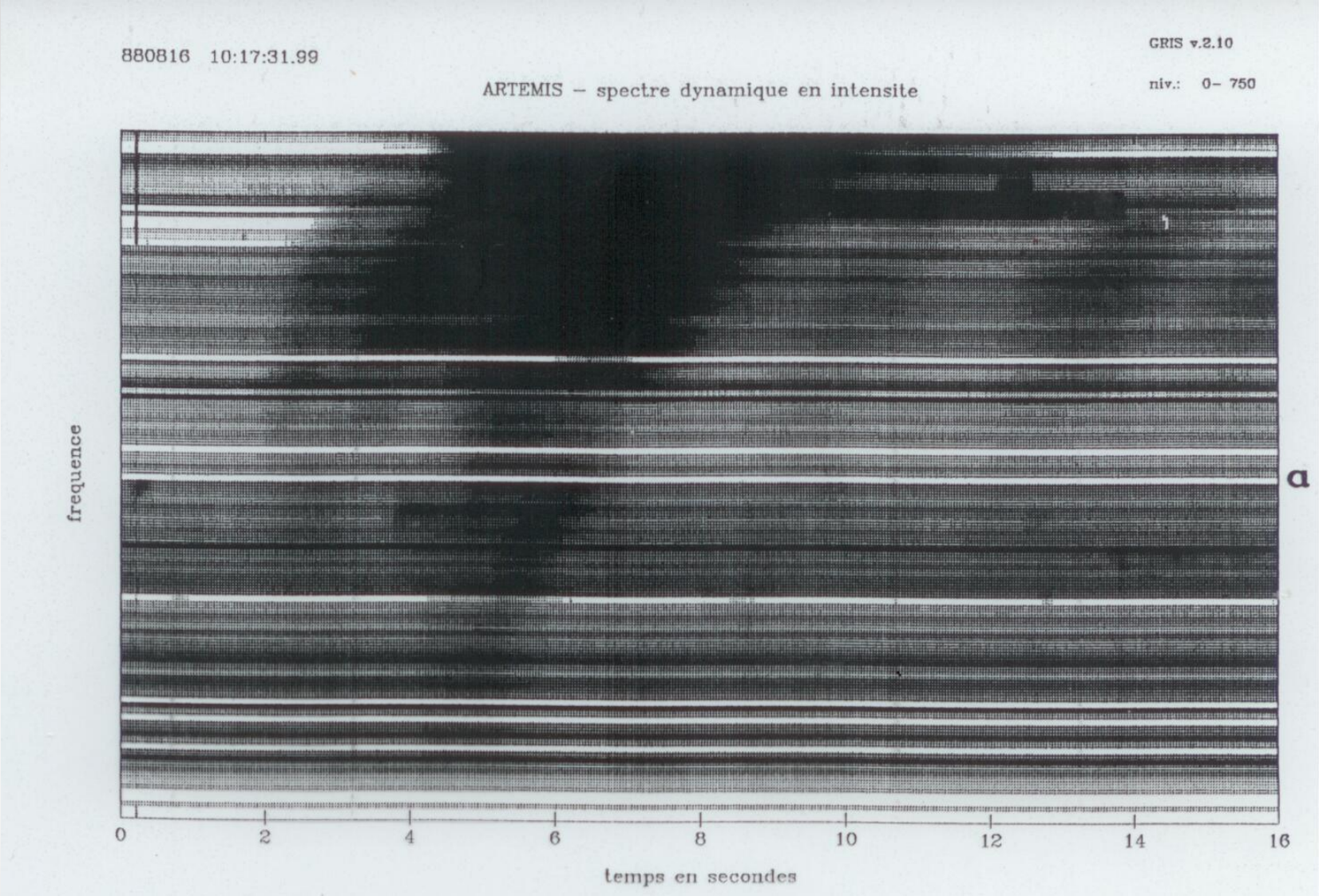
- ARTEMIS: πρωτότυπο ισχυρό σύστημα επεξεργασίας και καταγραφής πολυκαναλικού σήματος
- Συμμετοχή στα διαστημικά προγράμματα: **ULYSSES, WIND, SOHO, CLUSTER, CRAF, ISTP**



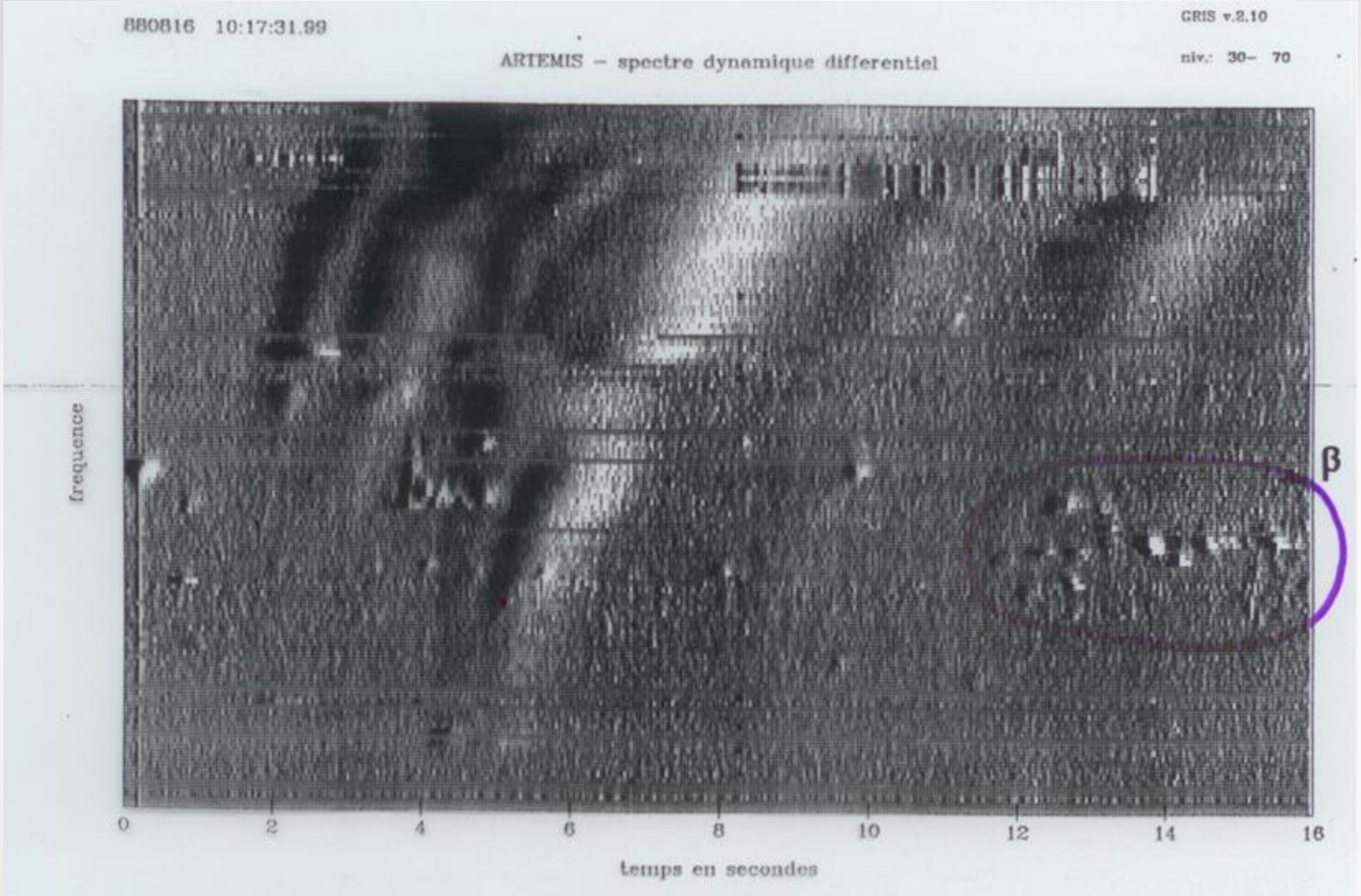
Διαφορική απεικόνιση μιας περιόδου έντονης δραστηριότητας



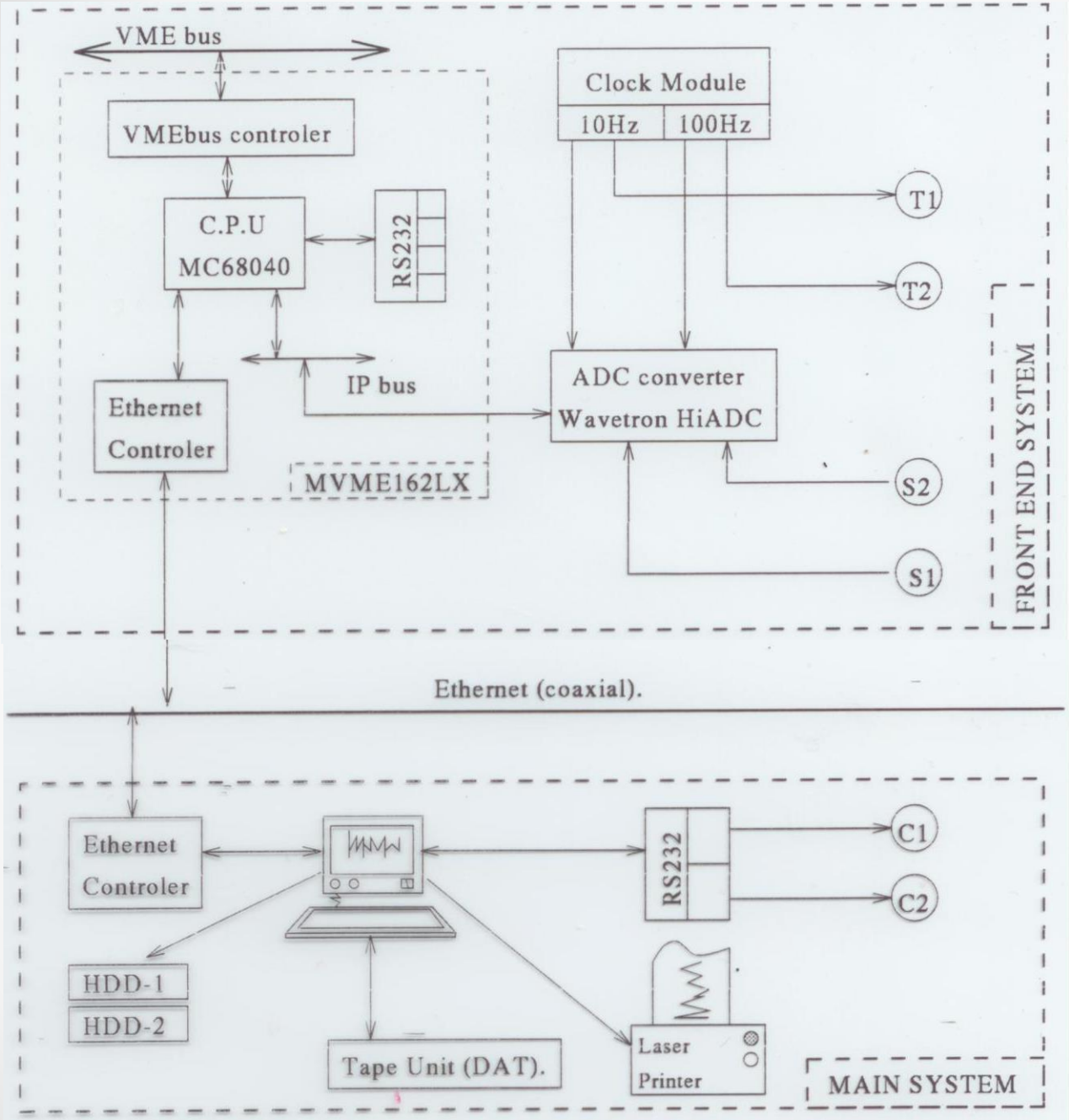
(α) Δυναμικό φάσμα έντασης και (β) διαφορική εικόνα μιας ομάδας τύπων III όπου αναδεικνύονται οι λεπτομέρειες της δομής των ραδιοεκπομπών



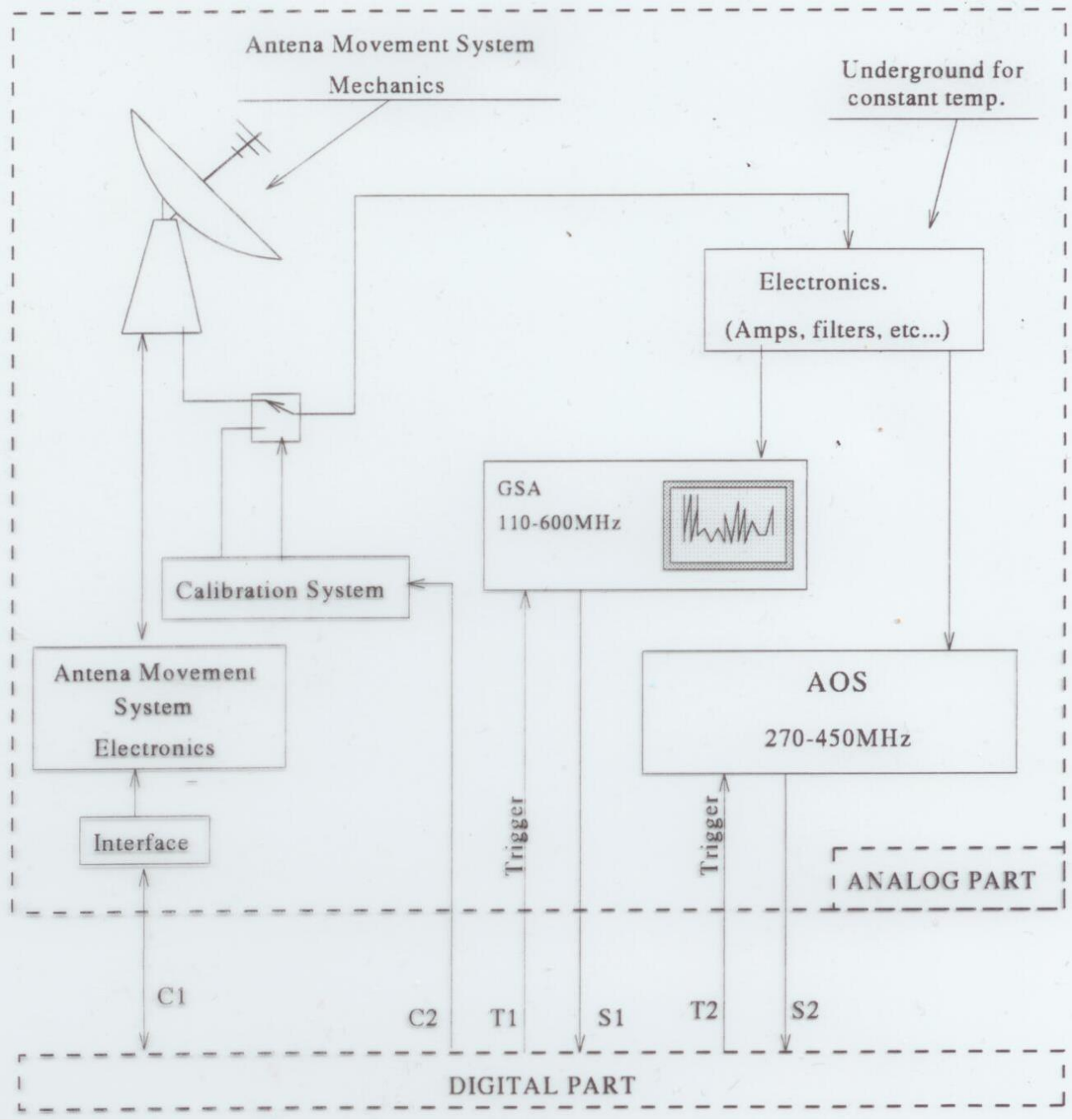
Η μεγάλη ένταση του σήματος επιφέρει τον κορεσμό του δυναμικού φάσματος (α), ενώ η διαφορική εικόνα (β) (στην επόμενη διαφάνεια) αποκαλύπτει την αληθινή δομή



Η μεγάλη ένταση του σήματος επιφέρει τον κορεσμό του δυναμικού φάσματος (α - στην προηγούμενη διαφάνεια), ενώ η διαφορική εικόνα (β) αποκαλύπτει την αληθινή δομή



Διάγραμμα μπλοκ του ψηφιακού μέρους



Διάγραμμα μπλοκ του αναλογικού μέρους