

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗ
ΣΥΛΛΟΓΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΟΥ
ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΧΡΟΝΟ**

1. ΔΗΜ. ΜΑΡΟΥΛΗΣ, Λέκτορας
2. ΠΑΝ. ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ, Επ. Καθηγητής
3. ΚΩΝ/ΝΟΣ ΚΑΡΟΥΜΠΑΛΟΣ, Καθηγητής
4. G. DUMAS, Ηλεκτρονικός Μηχανικός, DESPA, MEUDON, FRANCE

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αυξανόμενες ερευνητικές ανάγκες σε επιστημονικούς τομείς όπως οι Τηλεπικοινωνίες, η Σεισμολογία, η Αστροφυσική, η Ιατρική κ.λ.π., δημιουργούν μεγαλύτερες απαιτήσεις και στη βελτίωση των μεθόδων λήψης, επεξεργασίας και καταγραφής πολυκαναλικών σημάτων (1), (2).

Η πολυπλοκότητα υλοποίησης ενός συστήματος ψηφιοποίησης, επεξεργασίας και καταγραφής πολυκαναλικού σήματος εξαρτάται κυρίως από το πλήθος των καναλιών, την απαιτούμενη χρονική διακριτική ικανότητα του συστήματος και το είδος της ζητούμενης επεξεργασίας του σήματος.

Πρόσθετες ειδικές ανάγκες και λειτουργικές απαιτήσεις παρουσιάζονται σε πολλές ερευνητικές δραστηριότητες, όπως:

- Αντιμετώπιση προβλημάτων που προέρχονται από τη μη στατικότητα της πηγής πληροφορίας.
- Ανάγκη συμπίεσης του όγκου των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, για πηγές με σημαντικό πλεονασμό.
- Διόρθωση της μη γραμμικότητας του αισθητήρα και αναγωγή των δεδομένων σε φυσικές μονάδες (π.χ. θερμοκρασία κεραίας στην περίπτωση δέκτη).

Οι παραπάνω ειδικές ανάγκες καθιστούν προφανή την ακαταλληλότητα των υπολογιστικών και καταγραφικών διατάξεων γενικής χρήσης και απαιτούν τον σχεδιασμό και υλοποίηση ειδικευμένων συστημάτων επεξεργασίας (3) και καταγραφής πολυκαναλικών σημάτων, οι γενικές προδιαγραφές των οποίων δεν αντιστρατεύονται τη χρησιμοποίησή τους σε ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών.

Στην κατεύθυνση αυτή εντάσσεται η προσπάθειά μας, που οδήγησε στη μελέτη, σχεδίαση και υλοποίηση του μικροϋπολογιστικού συστήματος, (που ονομάστηκε ARTEMIS), το οποίο αποτελεί ένα πρωτότυπο ισχυρό ψηφιακό σύστημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες εφαρμογές συλλογής, επεξεργασίας, συμπίεσης και καταγραφής σε πραγματικό χρόνο, οποιουδήποτε πολυκαναλικού σήματος (4).

Η επιλογή των κατάλληλων δομικών μονάδων υλικού και η ανάπτυξη ολοκληρωμένων και ευέλικτων εργαλείων λογισμικού εξασφαλίζουν στο σύστημα ουσιαστικές δυνατότητες όπως:

- Επεκτασιμότητα στο υλικό και στο λογισμικό.
- Ευελιξία και φιλικότητα προς το χρήστη.
- Προσαρμογή σε ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών.
- Πλήρη αυτοματοποίηση των λειτουργιών του.

Οι βασικές προδιαγραφές που ικανοποιεί το σύστημα ARTEMIS είναι:

- Δειγματολήπτηση μεγάλου πλήθους αναλογικών καναλιών (μέχρι 256) με συχνότητα δειγματοληψίας fs που μπορεί να επιλέγεται από 5PPS έως 300PPS.

- Ψηφιοποίηση δειγμάτων στα 12 bits.
- Χρονολόγηση των δεδομένων με ακρίβεια καλύτερη από 0.01 sec.
- Διόρθωση και αναγωγή δεδομένων σε θερμοκρασία κεραίας.
- Ελαχιστοποίηση του όγκου δεδομένων εφαρμόζοντας αποτελεσματικούς αλγόριθμους συμπίεσης και
- Καταγραφή των συμπιεσμένων δεδομένων με την ακριβή χρονολόγησή τους, σε μαγνητικά μέσα.

Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφεται η αρχιτεκτονική του συστήματος που στηρίζεται σε μικροεπεξεργαστές της οικογένειας MC68000 και σε αρτηρίες VME, αναλύονται τόσο το αναγκαίο λογισμικό που αναπτύχθηκε για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος, όσο και οι αλγόριθμοι επεξεργασίας του σήματος, και ακόμα παρουσιάζονται αποτελέσματα και αναδεικνύονται οι επιδόσεις του συστήματος ARTEMIS από την εφαρμογή του στην πολυκαναλική ηλιακή ραδιοφασματογραφία.

Η εργασία αυτή ολοκληρώνεται με την παράθεση συμπερασμάτων και επισημαίνονται μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη συστημάτων συλλογής, επεξεργασίας και συμπίεσης πολυκαναλικών σημάτων.

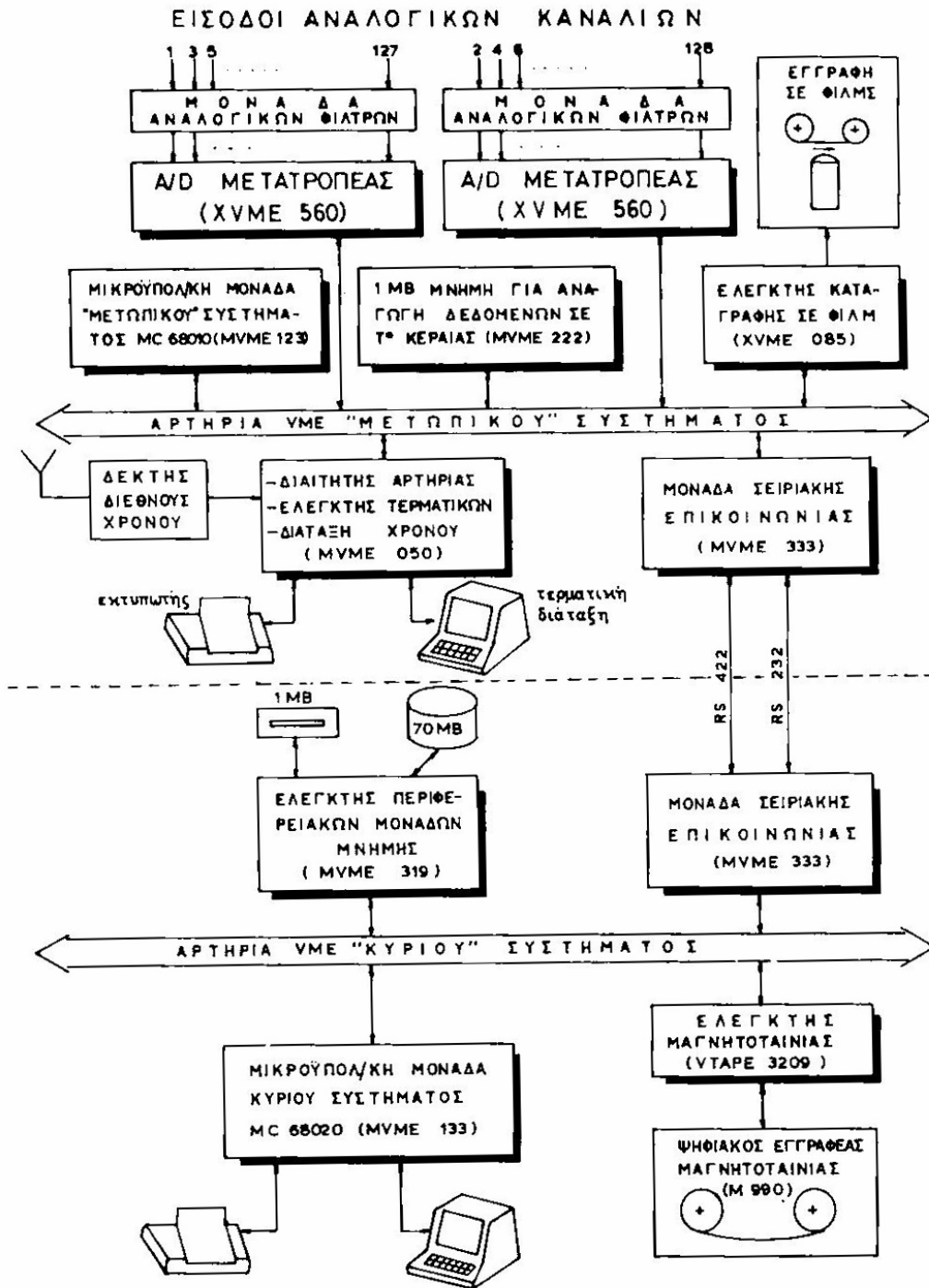
2. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ARTEMIS

Η προσπάθεια ανάπτυξης του συστήματος ARTEMIS οδήγησε στον σχεδιασμό ενός αρθρωτού μικρούπολογιστικού συστήματος με πολλούς επεξεργαστές, για την υλοποίηση του οποίου χρησιμοποιήθηκαν:

- Βασικό υλικό (CPU's, μονάδες μνήμης, VME αρτηρίες (5), οδηγία συσκευών, μηχανισμοί χρονισμού) και λογισμικό (λειτουργικό VERSADOS (6), προγράμματα εποπτείας και ανιχνευτές λαθών) που επιτρέπουν την εκτέλεση στοιχειωδών λειτουργιών.
- Πρόσθετες αρθρωτές δομικές μονάδες, (ελεγκτές DMA, ελεγκτές επικοινωνίας, μνήμες) που η ενσωμάτωσή τους στο βασικό υλικό και η ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού για την υποστήριξή τους, εξασφαλίζουν τις προϋποθέσεις για την ολοκλήρωση της εφαρμογής.

Προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι του ερευνητικού προγράμματος το σύστημα ARTEMIS δομήθηκε πάνω σε δύο διακριτά υποσυστήματα (Μετωπικό και Κύριο) όπως απεικονίζονται στο σχήμα 1. Τα δύο υποσυστήματα εξασφαλίζουν αντίστοιχα τις εξής λειτουργίες:

1. Μετωπικό Υποσύστημα: Πρόκειται για μια σύνθεση "νοήμονος" υλικού (intelligent modules) που με το αναγκαίο λογισμικό υποστηρίζει και διαχειρίζεται τη συλλογή και ψηφιοποίηση του σήματος των 128 αναλογικών καναλιών, την αναγωγή των δεδομένων σε θερμοκρασία



Σχήμα 1: Αναλυτικό διάγραμμα του συστήματος.

κεραίας και την καταγραφή τους σε φιλμ.

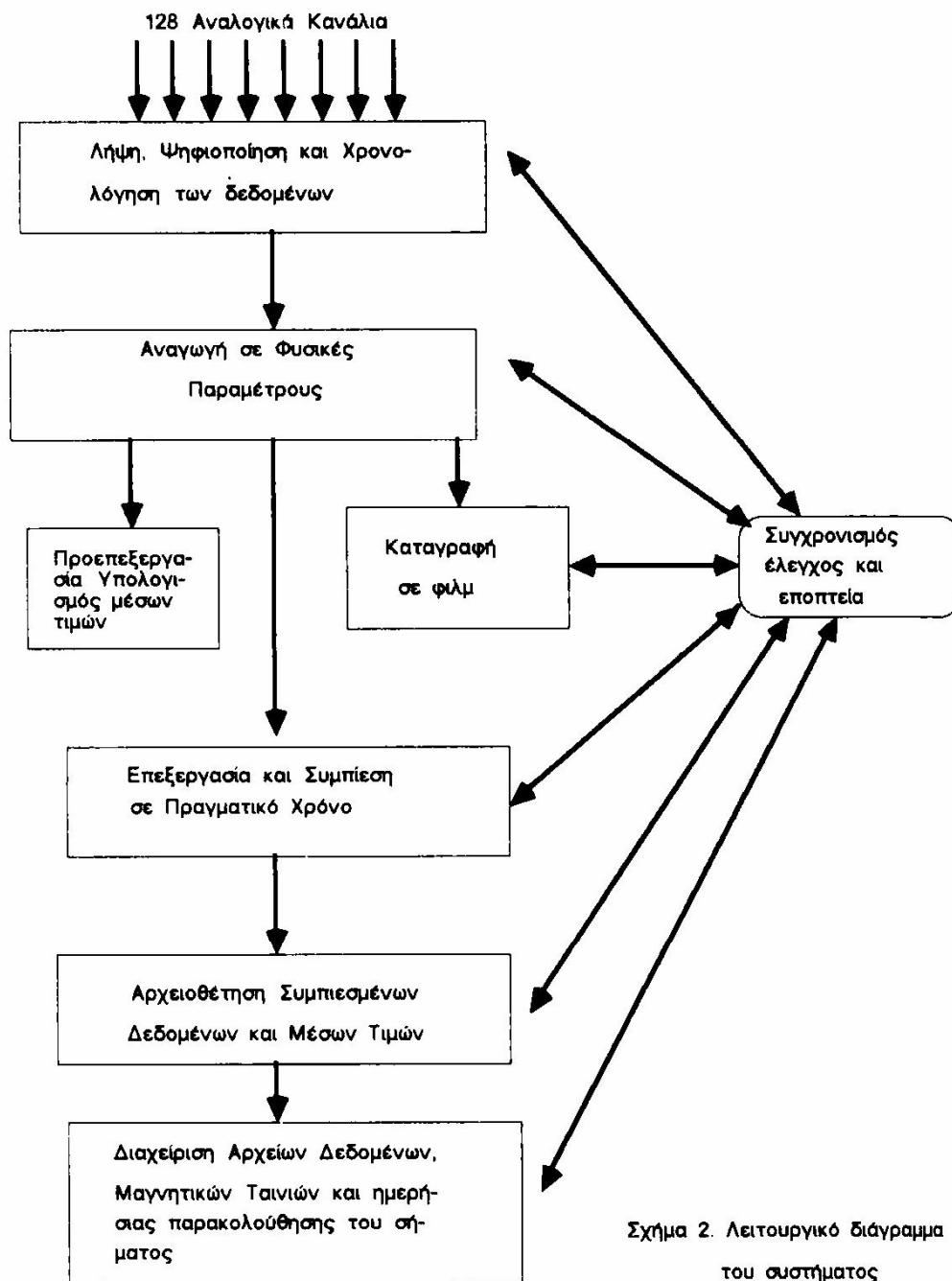
2. **Κύριο Υποσύστημα:** Με ανάλογη σύνθεση "νοήμονος" υλικού και το απαραίτητο λογισμικό, το υποσύστημα αυτό είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των δεδομένων, την ενεργοποίηση και εκτέλεση των διαφόρων αλγορίθμων συμπίεσης, καθώς και για την μεταφορά και αποθήκευση των συμπιεσμένων δεδομένων σε περιφερειακή μονάδα μνήμης. Ταυτόχρονα είναι υπεύθυνο για το συντονισμό της λειτουργίας του συστήματος ARTEMIS.

Οι διαδοχικές λειτουργίες που επιτελούνται στο σύστημα ARTEMIS απεικονίζονται στο διάγραμμα του σχήματος 2.

Τα κύρια χαρακτηριστικά και ο ρόλος που επιτελεί κάθε δομική μονάδα, σε συνθήκες πραγματικού χρόνου, είναι:

2.1 Μετωπικό Υποσύστημα

1. **A/D Μετατροπείς:** Στις εισόδους κάθε μιας από τις δύο αυτές μονάδες οδηγούνται τα αναλογικά σήματα 64 καναλιών (0-5 Volts) μετά την διέλευσή τους από ισάριθμα φίλτρα. Η ψηφιοποίηση γίνεται στα 12 bits με μέγιστο ρυθμό μετατροπής 20 KHz.
2. **Μικροϋπολογιστική μονάδα με επεξεργαστή MC68010 με μνήμη 512 Kbytes διπλής προσπέλασης (Dual-ported RAM) στην οποία αναπτύχθηκε και εκτελείται το απαραίτητο λογισμικό που υποστηρίζει και διαχειρίζεται:**
 - την συλλογή των ψηφιοποιημένων δειγμάτων.
 - την αναγωγή των δεδομένων σε θερμοκρασία κεραίας.
 - την διευθέτηση των δεδομένων σε μπλοκ καθορισμένης μορφής και μήκους 126K, καθώς και την χρονολόγηση κάθε μπλοκ.
 - την αποστολή μηνύματος στην μονάδα σειριακής επικοινωνίας κάθε φορά που ένα μπλοκ δεδομένων είναι έτοιμο προς αποστολή στο κύριο σύστημα.
3. **Μονάδα μνήμης 1Mbyte η οποία χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των πινάκων βαθμολογίας (Vi, Ti). Με την βοήθεια των πινάκων αυτών, γίνεται η σε πραγματικό χρόνο αναγωγή των δεδομένων σε θερμοκρασία κεραίας.**
4. **Διαιτητής αρτηρίας και ελεγκτής τερματικών.** Εξασφαλίζει όλους τους ελέγχους για την ομαλή λειτουργία του μετωπικού συστήματος και ασκεί διαιτησία της αρτηρίας σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα προτεραιότητας. Διαθέτει δύο σειριακές και μία παράλληλη πόρτα και διάταξη πραγματικού χρόνου (real - time clock) απαραίτητη για την ακριβή χρονολόγηση των δεδομένων. Ο συγχρονισμός της διάταξης αυτής γίνεται με την βοήθεια δέκτου διεθνούς χρόνου, η έξοδος του οποίου



Σχήμα 2. Λειτουργικό διάγραμμα του συστήματος

- χρησιμοποιείται η "κορυφή λεπτού" (top minute) και η "κορυφή δευτερολέπτου" (top second) - οδηγείται σε μία από τις σειριακές πόρτες της μονάδας αυτής.
5. Μονάδα σειριακής επικοινωνίας. Πρόκειται για ένα γενικής χρήσης ελεγκτή επικοινωνίας που επιτρέπει σειριακή μεταφορά δεδομένων με τη βοήθεια ελεγκτή άμεσης προσπέλασης στη μνήμη (DMA Controller) και 3 ελεγκτών σειριακής επικοινωνίας (SCC), (7), (8). Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι εργασίες σειριακής επικοινωνίας εκτελούνται χωρίς την παραμικρή απασχόληση του κύριου επεξεργαστή.

2.2 Κύριο Υποσύστημα

1. Βασική μικροπολογιστική μονάδα με επεξεργαστή MC68020, συνεπεξεργαστή MC68881 και μνήμη 1Mbyte DRAM. Στην μονάδα αυτή αναπτύχθηκαν και εκτελούνται οι αλγόριθμοι που είναι υπεύθυνοι για:
 - τον έλεγχο και την ομαλή λειτουργία του όλου συστήματος ARTEMIS.
 - την αιμπίση του όγκου των δεδομένων και την καταγραφή τους σε μαγνητικό μέσο.
 - την εξαγωγή των παραμέτρων βαθμολογίας του δέκτη, την δημιουργία των πινάκων αναγωγής των δεδομένων σε θερμοκρασία κεραίας (Vi, Ti) και την εποπτεία φόρτωσης τους στην μνήμη RAM του μετωπικού συστήματος.
 - τον άμεσο διάλογο (interactive) με τον χρήστη κατά την διάρκεια της εφαρμογής για την τροποποίηση των παραμέτρων παρατήρησης και ορισμένων λειτουργιών του συστήματος όπως, αλλαγή συχνότητας δειγματοληψίας, καταγραφή ενός κύκλου βαθμολογίας του δέκτη, φόρτωση στη μνήμη νέων πινάκων αναγωγής δεδομένων σε θερμοκρασία κεραίας (Vi, Ti), ανάγνωση ή διόρθωση του ρολογιού πραγματικού χρόνου.
2. Μονάδα σειριακής επικοινωνίας, όμοια με εκείνη του μετωπικού υποσυστήματος. Η μονάδα αυτή εκτός από την ευθύνη μεταβίβασης των δεδομένων επιτρέπει την παρακολούθηση της ομαλής λειτουργίας του μετωπικού συστήματος (εμφάνιση σε οθόνη των μέσω τιμών των δεδομένων και των παραμέτρων λειτουργίας) και παρέχει την δυνατότητα πρόσβασης εξ αποστάσεως στο κύριο σύστημα (τηλεφωνική γραμμή και modem).
3. Ελεγκτές περιφερειακών μονάδων μνήμης, δίσκων και μαγνητικής ταινίας, για ανάγνωση και εγγραφή πληροφοριών σύμφωνα με τις απαιτούμενες ανάγκες.

3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Το απαραίτητο λογισμικό για την υποστήριξη του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων και των ελεγκτών σειριακής επικοινωνίας (SW drivers) μεταξύ μετωπικού και κύριου υποσυστήματος, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε στο σύνολό του σύμφωνα με τις προδιαγραφές που τέθηκαν στην εισαγωγή της παρούσας εργασίας. Συνοπτικά, οι αλγόριθμοι που εφαρμόστηκαν υποστηρίζουν τις παρακάτω βασικές λειτουργίες που συντελούνται στο σύστημα ARTEMIS σε πραγματικό χρόνο (9).

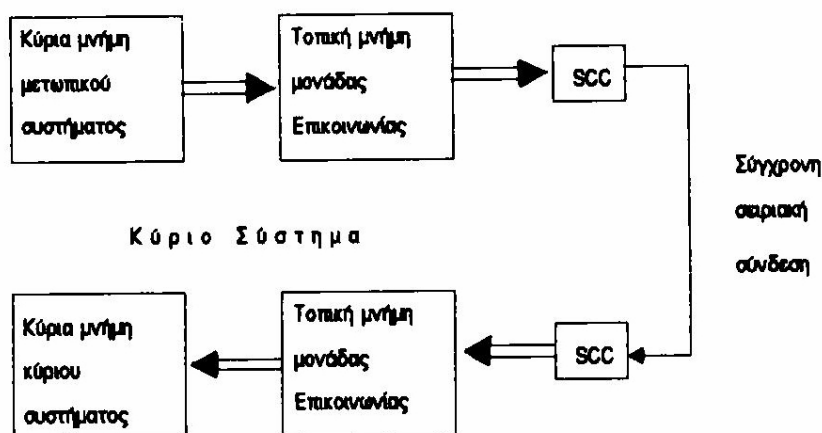
3.1. Συλλογή, αναγωγή και προ-επεξεργασία δεδομένων.

Τα δεδομένα συλλέγονται και ψηφιοποιούνται σύμφωνα με ορισμένες παραμέτρους που προσδιορίζονται από τον χρήστη (πλήθος καναλιών, συχνότητα δειγματοληψίας, χρόνος έναρξης και λήξης λήψης του σήματος). Οι εξ ορισμού τιμές δειγματοληψίας και πλήθους καναλιών είναι 100 Hz και 128 κανάλια αντίστοιχα. Τα ψηφιοποιημένα δεδομένα ανάγονται σε θερμοκρασία κεραίας με την βοήθεια ενός πίνακα αντιστοιχίας τιμών. Ο πίνακας αναγωγής υπολογίζεται από μια συνάρτηση μεταφοράς του δέκτη, η αναλυτική μορφή της οποίας προκύπτει από μαθηματική θεώρηση. Τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε μπλοκς των 128 KB και περιλαμβάνουν 500 δείγματα για κάθε κανάλι, μέσες τιμές των 500 δειγμάτων ανά κανάλι, καθώς και την ταυτότητα του μπλοκ με πληροφορίες που αναφέρονται στην χρονολόγηση, και στις προκαθορισμένες από τον χρήστη παραμέτρους. Πρόσθετα ο κύριος επεξεργαστής του μετωπικού συστήματος αναλαμβάνει τον συγχρονισμό του ρολογιού πραγματικού χρόνου με εξωτερικό σήμα που παρέχεται από δέκτη διεθνούς χρόνου. Η επικοινωνία του μετωπικού συστήματος με το περιβάλλον είναι ασύγχρονη και επιτελείται μέσω ενός ιεραρχημένου συστήματος διακοπών (interrupts). Η διάρκεια $t_p = 6,4 \mu\text{sec}$ ψηφιοποίησης των 128 καναλιών (ψηφιοποίηση μιας ριπής) μειώθηκε στο ήμισυ επειδή τα 128 κανάλια κατενεμήθηκαν στους 2 A/D μετατροπείς σε αλληλοπαρεμβαλλόμενη διάταξη (interlaced) και προγραμματίστηκε εναλλασσόμενη ενεργοποίηση των μετατροπέων A/D.

3.2. Επικοινωνία και μεταβίβαση δεδομένων.

Η επικοινωνία μεταξύ των δύο υποσυστημάτων που επιτρέπει την μεταβίβαση των δεδομένων μεταξύ των δύο ελεγκτών σειριακής επικοινωνίας (SCC) γίνεται με ασύγχρονο σειριακό τρόπο (σχήμα 3). Η ταχύτητα μεταβίβασης εξαρτάται από την μέθοδο επικοινωνίας και τον προγραμματισμό των SCC's (8) και στην ασύγχρονη μέθοδο κυμαίνεται μεταξύ 300 Kbit/sec και 1,5 Mbit/sec. ανάλογα με τον ρυθμό συλλογής των δεδομένων.

Μετωπικό Σύστημα



Σχήμα 3 : Ροή δεδομένων από το μετωπικό στο κύριο υποσύστημα

Η εκπομπή και λήψη των σιρμών (frames) κατά την μεταβίβαση πραγματοποιείται με χρήση τεχνικών άμεσης προσπέλασης μνήμης (DMA). Η τεχνική DMA επιτρέπει ταχύτητες μεταφοράς μεταξύ κύριας και τοπικής μνήμης και αντίστροφα της τάξης των 5MBytes/sec (7), παρέχοντας την δυνατότητα στους κεντρικούς επεξεργαστές να αξιοποιούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την αρτηρία VME για την εκτέλεση άλλων εργασιών.

Αναπτύχθηκε επίσης το απαραίτητο λογισμικό, για ασύγχρονες επικοινωνίες, που επιτρέπει:

- τον διάλογο του χρήστη με το μετωπικό σύστημα (έλεγχος καλής λειτουργίας του συστήματος, τροποποίηση παραμέτρων)
- την αποστολή δεδομένων σε μικροϋπολογιστική διάταξη (PC/AT) για εκτύπωση σε συνεπτυγμένη μορφή του πολυκαναλικού σήματος (quick-look).
- την εξ αποστάσεως προσπέλαση στο κύριο σύστημα μέσω τηλεφωνικής γραμμής με συσκευή διαμορφωτή-αποδιαμορφωτή (modem).

3.3. Συμπύκνωση δεδομένων

Ο ρυθμός παροχής R των δεδομένων υπολογίζεται από την συχνότητα δειγματοληψίας f_s , το πλήθος q των bits/δείγμα που απαιτούνται για την κβάντιση του σήματος και το πλήθος n των καναλιών. Για τις εξ ορισμού τιμές των παραμέτρων ($f_s=100$ Hz, $n=128$ κανάλια, $q=2$ Bytes/δείγμα) του

πολυκαναλικού σήματος που μελετήσαμε προκύπτει:

$$R = f_s * n * q = 200 \text{ Kbits/sec.}$$

Τέτοιος υψηλός ρυθμός παροχής κρίνεται απαγορευτικός για την καταγραφή των δεδομένων σε ημερήσια βάση επειδή δημιουργεί τεράστια πρακτικά και οικονομικά προβλήματα. Κρίθηκε επομένως αναγκαία η ανάπτυξη δραστικού αλγόριθμου συμπίεσης του όγκου των δεδομένων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται υψηλός λόγος συμπίεσης χωρίς όμως να προκαλείται σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας της πληροφορίας (10). Στις περιπτώσεις πηγών με μη στατική συμπεριφορά η ανάπτυξη αλγορίθμων συμπίεσης δημιουργεί πρόσθετες δυσχέρειες αφού είναι αδύνατο να γίνει πρόβλεψη της συμπεριφοράς του σήματος. Επί πλέον οι αλγόριθμοι συμπίεσης δεν πρέπει να είναι χρονοβόροι επειδή οι συνθήκες επιβάλλουν την εκτέλεσή τους σε πραγματικό χρόνο. Στα πολυκαναλικά σήματα που εμφανίζουν μακρά διαστήματα αιωπής (δηλ. περιόδους απουσίας πληροφορίας) υλοποιήσαμε τον παρακάτω αλγόριθμο.

Τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε διαδοχικά και συνεχή πακέτα σταθερού μήκους ίσου με 125 KBytes (128 κανάλια * 500 δείγματα * 2 Bytes). Ένα τέτοιο πακέτο κατακρατείται ή απορρίπτεται εξ ολοκλήρου ανάλογα με το αν ανιχνεύεται ή όχι πληροφορία.

Τα στάδια που ακολουθούνται για κάθε κανάλι είναι:

- α) Υπολογίζεται η μέση τιμή \bar{Y}_k των $N=500$ δειγμάτων του πακέτου k
- β) Υπολογίζεται το άθροισμα

$$S_k = \sum_{j=1}^N | \bar{Y}_{k-1} - Y_{kj} | \quad \text{όπου}$$

Y_{kj} δείγμα, k αύξων αριθμός πακέτου και j η θέση του δείγματος στο πακέτο k .

γ) Με βάση ένα κατώφλι Δ που προσδιορίστηκε μετά από πειραματικές μετρήσεις ο αλγόριθμος αποφασίζει:

- αν $S_k > \Delta$ την κατακράτηση του πακέτου
- αν $S_k \leq \Delta$ την καταγραφή μόνο της μέσης τιμής \bar{Y}_k των δειγμάτων του πακέτου.

Ο αλγόριθμος συμπίεσης δεν εφαρμόστηκε στο σύνολο των 128 καναλιών αλλά σε μερικά από αυτά που ονομάστηκαν "κανάλια οδηγού". Αν διαπιστωθεί ύπαρξη πληροφορίας σε κάποιο από τα κανάλια οδηγούς όλα τα δείγματα του αντίστοιχου πακέτου καταγράφονται, διαφορετικά καταγράφονται μόνο οι μέσες τιμές. Η τεχνική αυτή συμπίεσης εφαρμόστηκε σε πραγματικό χρόνο και τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο υπήρξαν πολύ ικανοποιητικά.

4. ΠΡΩΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

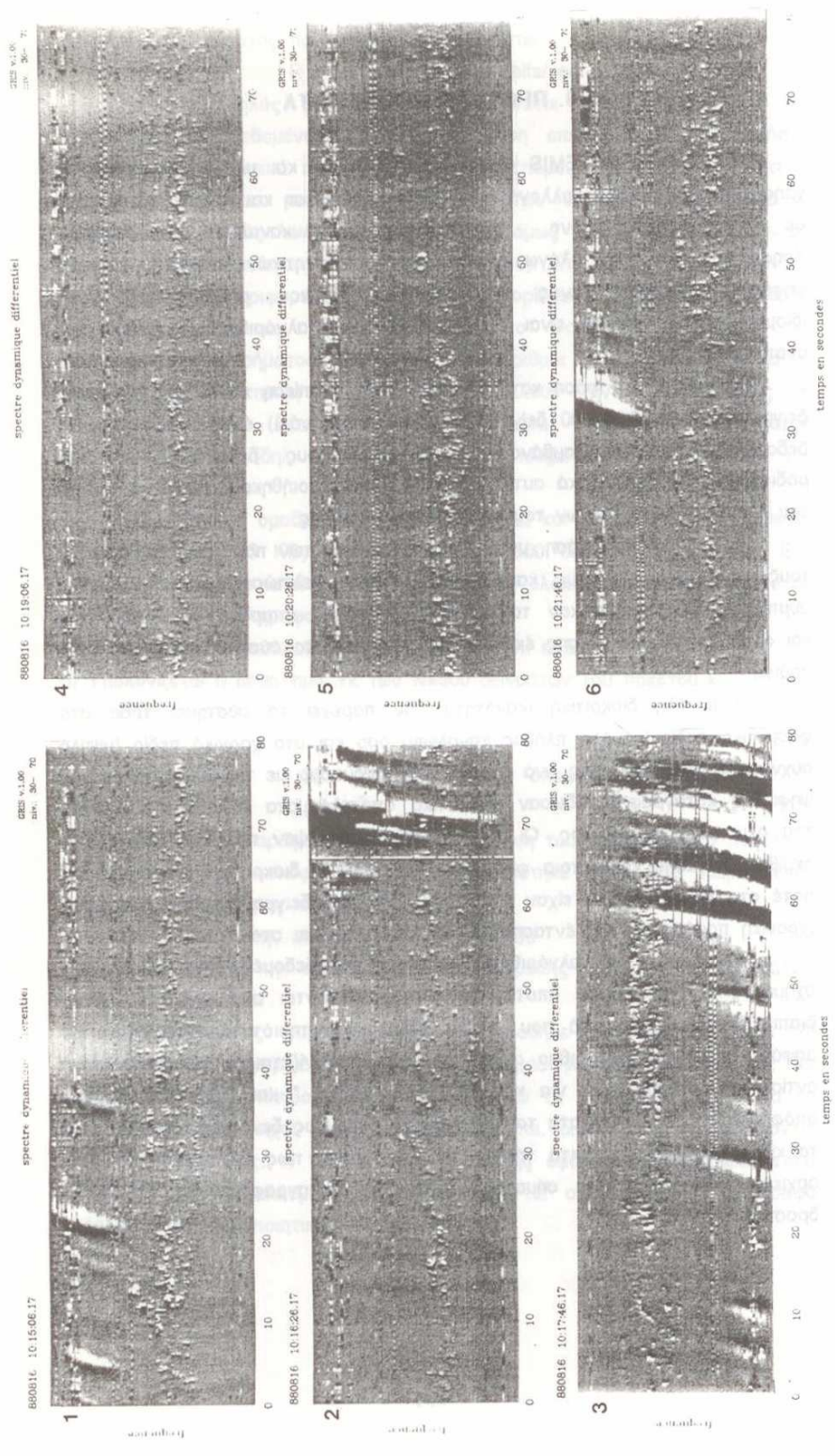
Το σύστημα ARTEMIS όπως έχει σχεδιασθεί και υλοποιηθεί μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συλλογή, επεξεργασία, συμπίεση και ψηφιακή καταγραφή σε πραγματικό χρόνο, οποιωνδήποτε πολυκαναλικών δεδομένων. Χρησιμοποιήθηκε όμως, λόγω συγκεκριμένων ερευνητικών αναγκών, για την ψηφιακή καταγραφή ενός πολυκαναλικού ηλιακού ραδιοσήματος, στις ιδιομορφίες του οποίου είναι προσαρμοσμένοι οι αλγόριθμοι συμπίεσης που αναπτύξαμε (4).

Σε μια πρώτη φάση καταγράφηκε, χωρίς συμπίεση και με υψηλό ρυθμό δειγματοληψίας (50 ή 100 δείγματα/sec και ανά κανάλι) ένας μεγάλος όγκος δεδομένων που περιλαμβάνουν αρκετούς τύπους δραστηριότητας του ραδιοήλιου. Τα πραγματικά αυτά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για τον έλεγχο των επιδόσεων του αλγόριθμου συμπίεσης.

Σε μια δεύτερη φάση, μετά την επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων, τους διάφορους ελέγχους και τις απαραίτητες βελτιώσεις στον αλγόριθμο συμπίεσης, προσδιορίστηκαν τα κριτήρια απόφασης ύπαρξης δραστηριότητας και ο αλγόριθμος συμπίεσης έκτοτε εκτελείται από το σύστημα σε πραγματικό χρόνο.

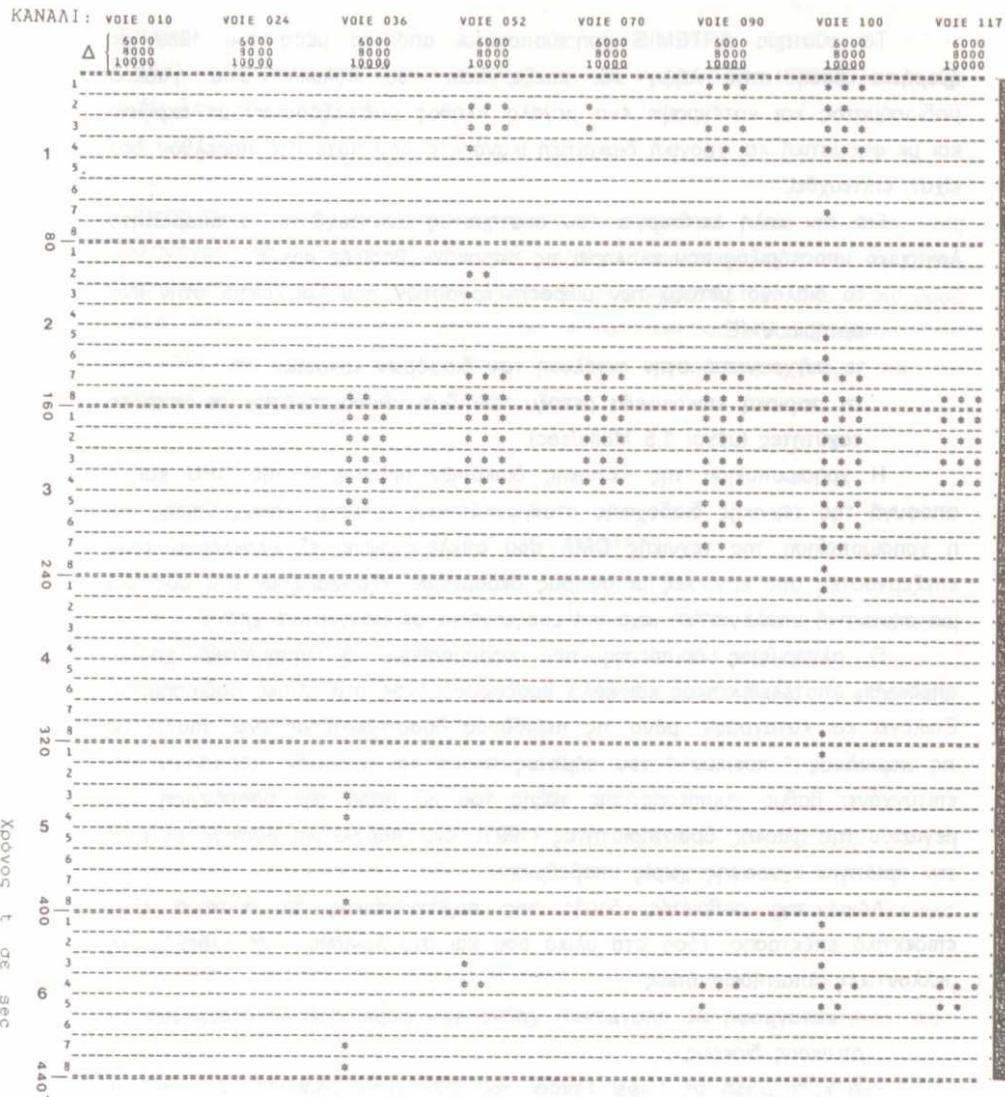
Η μεγάλη διακριτική ικανότητα που παρέχει το σύστημα, τόσο στο φασματικό πεδίο (μεγάλο πλήθος καναλιών) όσο και στο χρονικό πεδίο (υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας ανά κανάλι), σε συνδυασμό με τις δυνατότητες της ψηφιακής καταγραφής, έδωσαν εξαιρετικά αποτελέσματα διδιάστατης εικόνας του ηλιακού ραδιοσήματος. Οι εικόνες που προέκυψαν παρουσιάζουν τέτοια ακρίβεια έντασης και τέτοια φασματική και χρονική διακριτική ικανότητα που ποτέ στο παρελθόν δεν είχαν επιτευχθεί. Ένα παράδειγμα διαφορικής εικόνας (χρονική παράγωγος της έντασης του σήματος) δίδεται στο σχήμα 4.

Η εφαρμογή του αλγόριθμου συμπίεσης στα δεδομένα της εικόνας του σχήματος 4, έδωσε τα αποτελέσματα που φαίνονται στο σχήμα 5. Όπως διαπιστώνουμε κάθε φορά που υπήρξε ηλιακή δραστηριότητα εντοπίστηκε με ασφάλεια από τον αλγόριθμο συμπίεσης που απεικονίζεται με αστερίσκο στην αντίστοιχη χρονική θέση για κάθε " κανάλι οδηγό " και για κάθε κατώφλι απόφασης Δ. Πλεονεκτήματα του αλγόριθμου είναι πως δεν ενεργοποιείται από τα κρουστικά ραδιοπαράσιτα γήινης προέλευσης και πως διατηρεί άθικτη την αρχική ποιότητα του σήματος για τις καταγραφόμενες περιόδους δραστηριότητας.



Σχήμα 4: Διαφορική απεικόνιση μιας περιόδου μέτρησης δραστηριότητας

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΑ ΚΑΝΑΛΙΑ



Σχήμα 5: Αποτελέσματα εφαρμογής του αλγόριθμου συμπίεσης στα δεδομένα της δραστηριότητας του σχημ. 4

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Το σύστημα ARTEMIS χρησιμοποιείται από τα μέσα του 1989 σε ημερήσια βάση στην λήψη και επεξεργασία του πολυκαναλικού ηλιακού ραδιοσήματος και κατέγραψε ένα μεγάλο πλήθος ραδιοεξάρσεων με ακρίβεια και με φασματική και χρονική διακριτική ικανότητα που ποτέ στο παρελθόν δεν είχαν επιτευχθεί.

Για την καλή λειτουργία του συστήματος αναπτύχθηκε το απαραίτητο λογισμικό υποστήριξης που εκπληρεί τις παρακάτω βασικές αρχές:

- το διάλογο μεταξύ των μικροεπεξεργαστών που βρίσκονται στην ίδια αρτηρία VME.
- το συγχρονισμό στην εκτέλεση των διαφόρων εργασιών και
- τη σειριακή επικοινωνία μεταξύ των δύο υποσυστημάτων σε μεγάλες ταχύτητες (μέχρι 1,5 Mbits/sec).

Η χρησιμοποίηση της τεχνικής διακοπών (interrupts) της CPU και η αποφυγή της τεχνικής διαδοχικής σταθμοσκόπησης (rolling), καθώς επίσης και η χρησιμοποίηση της τεχνικής DMA που απελευθερώνει εξ ολοκλήρου τους επεξεργαστές από εργασίες μεταφοράς δεδομένων, εξασφαλίζουν στο σύστημα μια σημαντική υπολογιστική ισχύ για επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο.

Ο αλγόριθμος συμπίεσης που εφαρμόστηκε σε πραγματικό χρόνο, απεδείχθη αποτελεσματικός και καλά προσαρμοσμένος στα ηλιακά ραδιοσημάτα. Επιλέγει και καταγράφει μόνο τις περιόδους δραστηριότητας ενώ απορρίπτει τις περιόδους " ηρεμίας " του σήματος ακόμα και παρουσία παρασίτων, και επιτυγχάνει βαθμό συμπίεσης της τάξης του 30 παρά την προσέγγιση του μέγιστου της ηλιακής δραστηριότητας (1991), ενώ παράλληλα διατηρεί ακέραια την ποιότητα εγγραφής χωρίς υποβάθμιση.

Λόγω της αρθρωτής δομής της αρχιτεκτονικής το σύστημα είναι επιδεκτικό επέκτασης, τόσο στο υλικό όσο και στο λογισμικό, σε ενδεχόμενες μελλοντικές απαιτήσεις όπως:

- η καταγραφή σε πραγματικό χρόνο των συμπεσμένων δεδομένων σε οπτικούς δίσκους
- η καταγραφή με Laser Printer του δυναμικού φάσματος έντασης σε συνεπτυγμένη μορφή (quick - look).

Όσον αφορά τον αλγόριθμο συμπίεσης δύο είναι οι άμεσοι στόχοι προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερος βαθμός συμπίεσης:

- κατάργηση του πλεονασμού και στο " εσωτερικό " των περιόδων δραστηριότητας
- αυτόματη αναγνώριση μορφών διάφορων τύπων δραστηριότητας (pattern recognition) ώστε το σύστημα να επιλέγει τον πιο αποτελεσματικό κατά

περίπτωση αλγόριθμο μεταξύ μιας σειράς προσαρμοσμένων αλγορίθμων.

Το σύστημα ARTEMIS προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα ερευνητικά διαστημικά προγράμματα (ULYSSES, WIND, SOHO, CLUSTER, CRAFT) στα πλαίσια της διεθνούς επιστημονικής συνεργασίας ISTP (International Solar Terrestrial Physics).

Ευχαριστίες: Το σύστημα ARTEMIS υλοποιήθηκε στα πλαίσια της Ελληνογαλλικής συνεργασίας και υποστηρίχθηκε οικονομικά από την Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Science Program). Η χρηματοδότηση του εξοπλισμού έγινε από το Διαστημικό Τμήμα του Αστεροσκοπείου του Παρισιού, τον ερευνητή του οποίου Jean - Louis Bougeret ευχαριστούμε θερμά για την πολύπλευρη συμπαράσταση και βοήθεια του.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. G. Dumas, C. Caroubalos and J.L. Bougeret, "The Digital Multi-channel Radiospectrograph in Nancay", *Solar Physics*, 81, 383-394, 1982.
2. M. R. Perrenoud, "The Computer-Controlled Solar Radio Spectrometer 'Ikarus' ", *Solar Physics*, 81, 197, 1982.
3. G. Barney, "Intelligent Instrumentation, Microprocessor Applications in Measurement and Control", Prentice Hall, 1985.
4. Δ. Μαρούλης, "Σχεδίαση και υλοποίηση ψηφιακού συστήματος για τη συλλογή, επεξεργασία και καταγραφή πολυκαναλικού σήματος σε πραγματικό χρόνο", Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πληροφορικής, Παν/μιο Αθηνών, Αθήνα 1990.
5. Motorola, "VMEbus Specification Manual", Motorola Inc., Oct. 1981
6. Motorola, "M68000 Family Real-Time Multitasking Software". Motorola Inc., March 1985.
7. Hitachi Microcomputer System, HD68450 DMAC", Hitachi Ltd. Japan, Feb. 1984.
8. Advanced Micro Devices, "AmZ8030/8530 Serial Communications Controller", Advanced Micro Devices Inc., 1986.
9. D. Mellichamp, "Real Time Computing", Von Nostrand Reinhold Company, 1983.
10. C. M. Kortman, "Redundancy Reduction - a Practical Method of Data Compression". *Proc. IEEE*, vol. 55, No 3, pp 253-263, March 1967.