



INSTITUTUL DE
ȘTIINȚE SPAȚIALE
Filială INFLPR

Str. Atomiștilor, 409, Măgurele, Jud. Ilfov,
O.P. MG-23, RO 077125, România

RAPORTUL ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST)

ETAPA DE EXECUȚIE NR. 1

CU TITLUL “Proiectarea arhitecturii instrumentului HBPSKP”

PRECIZĂRI PRIVIND STRUCTURA RAPORTULUI ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

Cuprinde:

A. Rezumatul etapei

B. Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor etapei și gradul de realizare a obiectivelor (se indică rezultatele și modul de diseminare a rezultatelor)

C. Concluzii

D. Bibliografie

Obiectivul general al prezentei etape de execuție a implicat proiectarea arhitecturii instrumentului HBPSKP.

Obiectivele etapei de execuție au inclus realizarea activităților privind dezvoltarea ansamblului mecanic pentru instrumentul HBPSKP, subsumate primei etape de execuție (partea I), analiza ultimelor noutăți apărute pe plan internațional în domeniul proiectului, elaborarea arhitecturii hardware și software pentru analiza de date a instrumentului HBPSKP și diseminarea rezultatelor.

A. Rezumatul etapei

Dezvoltarea ansamblului mecanic pentru instrumentul HBPSKP implică utilizarea infrastructurii științifice și tehnice existente în prezent la cei trei parteneri ai consorțiului, dar și utilizarea unor echipamente și materiale noi. În acest scop, în cadrul prezentei etape au fost achiziționate mijloace fixe și materiale extrem de importante pentru realizarea în continuare a proiectului.

În vederea actualizării informațiilor privind domeniul tehnic al proiectului s-a realizat o analiză a ultimelor noutăți apărute pe plan internațional în domeniul proiectului. Această analiză a investigat domeniul microscopiei de sondă Kelvin și al spectroscopiei macroscopice de sondă Kelvin și au fost puse în evidență limitările existente în stadiul actual.

Elaborarea arhitecturii hardware și software pentru analiza de date a instrumentului HBPSKP s-a realizat, de asemenea, în cadrul prezentei etape. Au fost elaborate arhitectura general-funcțională a instrumentului HBPKP, arhitectura funcțională a modului cap de măsură al instrumentului HBPKP, arhitectura modului de control, arhitectura modului de driving și DAQ (DDAQ), precum și arhitectura modului DPCS.

B. Descrierea științifică și tehnică, cu punerea în evidență a rezultatelor etapei și gradul de realizare a obiectivelor (se indică rezultatele și modul de diseminare a rezultatelor)

Activitatea realizată: îndeplinirea procedurilor legate de dezvoltarea ansamblului mecanic pentru instrumentul HBPKP, subsumate primei etape de execuție (partea I)

Dezvoltarea ansamblului mecanic pentru instrumentul HBPKP este planificată a se realiza pe parcursul a două etape de execuție: **1** și **2**, în cadrul prezentei etape de execuție realizându-se prima parte a activităților aferente.

Dezvoltarea ansamblului mecanic pentru instrumentul HBPSKP implică utilizarea infrastructurii științifice și tehnice existente în prezent la cei trei parteneri ai consorțiului, dar și utilizarea unor echipamente și materiale noi. În acest scop, în cadrul prezentei etape au fost achiziționate mijloace fixe și materiale extrem de importante pentru realizarea în continuare a proiectului.

Activitatea realizată: analiza ultimelor noutăți apărute pe plan internațional în domeniul proiectului

Realizarea proiectului KEPRO este determinată în întregime de aplicațiile spațiale care necesită un instrument cu performanța instrumentului HBPKP.

Misiunile spațiale precum SR-POEM (NASA) și NGO/LISA (ESA) se bazează pe măsurători de ultra-înaltă precizie ale poziției, vitezei și accelerației unor mase test speciale (TMs), lansate în cădere liberă sau mișcare geodetică în timpul fiecărei sesiuni de măsurători [1], [2], [3], [4]. Aceste TM-uri sunt fabricate din metal (Al acoperit cu Au în cazul SR-POEM, Pt-Au în cazul LISA), au mărimi de aproximativ $2.54 \times 2.54 \times 2.54 \text{ cm}^3$ și sunt plasate în

interiorul unor incinte semi-închise (TM housings - TMHs) de protecție. Rolul acestor incinte este acela de a furniza suspensia electrostatică a TM-urilor în timpul descarcerării (masele test trebuie fixate solid - încarcerate - în momentul lansării în spațiu a experimentului, deoarece la lansare racheta și instrumentația de la bord pot fi supuse unor accelerații care pot atinge până la 40g, și apoi eliberate din mecanismele de încarcerare - descarcerate - anterior plasării lor în cădere liberă pentru sesiunile de măsurători experimentale), și pre poziționarea extrem de precisă anterior lansării lor în căderea liberă.

Atât suspensia electrostatică cât și operațiile de pre poziționare sunt realizate cu ajutorul unor sisteme de senzori capacitivi. Aceștia constau din electrozi plani acoperiți cu straturi metalice, cu mărimi de ordinul cm, plasați în configurații speciale pe pereții interiori ai TMH, și care împreună cu fețele plane ale TM formează condensatori plan-paraleli ce furnizează un control total asupra celor 6 grade de libertate pozițională ale masei test.

Datorită constrângerilor dimensionale impuse de orice misiune spațială asupra echipamentelor și instrumentației, distanțele dintre masa test și electrozii capacitivi de măsură sunt de ordinul a câțiva mm. La astfel de distanțe, neuniformitățile potențialelor suprafețelor aflate în imediata proximitate - un efect cunoscut în literatură ca "efectul patch" [5], [6], [7] - pot introduce asupra masei test forțe și accelerații suplimentare care pot degrada semnificativ precizia finală a experimentului. Aceste neuniformități sunt datorate imperfecțiunilor fizice ale suprafețelor TMs, electrozilor și pereților TMH, și în absența unor măsuri speciale de precauție, pot ajunge ușor la dimensiuni de ordinul mm sau cm [8]. Constrângerile impuse erorilor în cazul experimentului SR-POEM au condus la obținerea unor variații de potențial prin efect-patch de mai puțin de 0.05 mV rms pe suprafețele electrozilor și masei test pentru întreaga lărgime de bandă de măsură [9]. Constrângeri similare există și pentru experimentul NGO/LISA [10].

Mai mult, încărcarea electrică a TM-urilor este de asemenea un factor important în performanța acestor experimente care poate afecta precizia lor globală cu mai multe ordine de mărime. În cazul SR-POEM (un experiment de tip balistic lansat pe o traiectorie circumterestră), încărcarea electrică a masei test apare datorită expunerii echipamentului de măsură la particulele încărcate electric capturate în câmpul magnetic al Pământului, în timp ce pentru NGO/LISA (un experiment realizat în spațiul cosmic îndepărtat), încărcarea electrică apare datorită expunerii directe a vehiculului spațial la fluxurile de particule cu sarcină electrică extra-solare sau galactice. Metoda de neutralizare a sarcinilor acumulate pe masa test atât în cazul experimentului SR-POEM cât și în cazul LISA utilizează câteva diode UV miniaturizate [11] pentru a ilumina TM-urile și/sau TMH-ul în scopul producerii unor sarcini de fotoemisie care pot fi transferate pe/de pe TM. Metoda este complicată de calitatea și proprietățile fizice ale suprafețelor implicate care determină scalele de timp ale operațiilor de încărcare/descărcare electrică. În aceste circumstanțe, este necesar un instrument dedicat pentru a măsura cu precizie și acuratețe potențialele de suprafață și timpii de scurgere a sarcinilor, pentru a permite individualizarea și optimizarea proceselor și tehnologiilor implicate în fabricarea acestor suprafețe.

Recenzia literaturii a condus la concluzia că tehnicile de sondă Kelvin sunt singurele care pot în principiu să satisfacă cerințele impuse de aplicațiile spațiale ale proiectului. Pentru a înțelege mai bine această concluzie, este necesară o trecere în revistă a stadiului actual al domeniului spectroscopiei de sondă Kelvin.

Din punctul de vedere al tipului de instrument, spectroscopia de sondă Kelvin poate fi clasificată în două domenii majore și anume în microscopie de sondă Kelvin și spectroscopie macroscopică de sondă Kelvin.

(i) *Microscopia de sondă Kelvin*. Tehnicile microscopiei de sondă Kelvin se bazează pe "microscopie de forță atomică" de tipul SPM (Scanning Probe Microscope) [12] și sunt cunoscute în domeniul de specialitate sub diferite acronime cum ar fi SKPFM, etc. În momentul de față există un număr mare de producători de astfel de instrumente, cum ar fi Omicron [13], Agilent Technologies [14], NT-MDT [15], Princeton Advanced Research [16], Park Systems [17], WiTec [18], NanoSurf [19] and Specs Zurich [20].

Datorită arhitecturii de tip AFM/STM, aceste instrumente utilizează vârfuri de tip AFM cu raze de ordinul 10 - 100 nm, care sunt scanate – utilizând un sistem de scanare XYZ piezo – pe arii de aproximativ $150 \times 150 \mu\text{m}^2$. Mai mult, SKPFM-urile nu sunt instrumente dedicate, ci mai degrabă moduri de operare controlate de utilizator ale microscopelor de forță atomică multifuncționale care includ printre moduri de AFM contact, non-contact și intermitent, LFM, STM, moduri de nanolitografie și de analiză a proprietăților mecanice ale materialului. Din acest motiv, aceste instrumentele sunt extrem de complexe, cu toate modurile operaționale utilizând aceeași arhitectură, module electronice și subsisteme de operare, control și detecție. Acest fapt conduce pe de o parte la un dezechilibru al performanței diferitelor moduri, și pe de altă parte, și mult mai important, face ca optimizarea unui mod specific de operare față de celelalte să fie extrem de dificilă, consumatoare de timp și costisitoare. Astfel, SKPFM-urile sunt o opțiune neatractivă de instrumente care să fie modificate și/sau optimizate pentru obiectivele și cerințele proiectului KEPRO descrise anterior.

(ii) *Spectroscopia macroscopică de sondă Kelvin*. Domeniul spectroscopiei macroscopice de sondă Kelvin se bazează pe un singur tip dedicat de instrumente, sonda Kelvin macroscopică (Macroscopic Kelvin Probe – MKP), și conform informațiilor cele mai recente, există în momentul de față doar două companii în lume care produc MKP-uri, și anume KP Technology în Marea Britanie [21] și McAllister Technical Services în SUA [22]. Mai mult, MKP-urile au un nivel de complexitate mult redus față de SKPFM-uri, ceea ce le face mult mai atractive pentru aplicațiile spațiale ale proiectului KEPRO.

Pentru scopul proiectului KEPRO, un instrument MKP constă dintr-un vârf conductor care scanează suprafața unei probe la o distanță vârf-probă de ordinul 10-100 μm . Vârful poate fi ori cilindric, cu una din fețele secțiunii transversale paralelă cu suprafața probei ori sferic, este realizat din oțel inoxidabil sau aur și are o mărime de ordinul câțiva mm. În timpul operării, vârful este oscilat mecanic la frecvențe de aproximativ 100 - 200 Hz și la o amplitudine constantă de aproximativ 10-100 μm în direcția verticală față de suprafața probei. În același timp, un potențial de câțiva volți este aplicat între vârf și eșantion - numit potențial de operare (de backing în terminologia engleză dedicată) - care este comutat între două (sau mai multe) nivele constante cu o perioadă de ordinul 1s, generându-se în acesta un curent electric prin capacitanța variabilă în timp (vibrating capacitor) dintre vârf și probă.

O primă metodă (*metoda p2p*) agreeată în special de către KP Technology, utilizează proprietatea de periodicitate în timp a curentului pe fiecare semiciclu de comutare, pentru a calcula amplitudinea peak-to-peak (p2p) în timpul unei perioade de oscilație a vârfului.

O a doua metodă, mai precisă din punct de vedere experimental, și agreată de McAllister Technical Services (MTS) se bazează pe conținutul Fourier al curentului pentru a estima distanța medie vârf - proba și potențialul de suprafață VCPD în timpul semiciclului de comutare al potențialului de operare/backing. Metoda, descrisă în detaliu în [23], utilizează descompunerea în serie Fourier a curentului vârf-probă din (1) [24].

Trebuie subliniat faptul că toate considerațiile de mai sus se referă la operația statică (i.e. fără scanare) a MKP-urilor. Când se ia în considerare și scanarea, lucrurile devin mai complicate. Capabilitățile de scanare curente ale MKP-urilor sunt implementate prin utilizarea motoarelor de tip stepper, care pot furniza deplasări ale vârfului și/sau probei de ordinul câtorva cm. Operația de scanare utilizează o procedură de tipul “hold-move-hold”, care începe cu vârful la o anumită distanță deasupra probei și într-un anumit punct deasupra probei pentru a face o măsurătoare statică a VCPD, apoi vârful este ridicat deasupra probei (instrumentul este scos din setpoint), este mutat într-o nouă poziție peste probă și apoi coborât la același setpoint pentru a face următoarea măsurătoare statică VCPD. Procedura este repetată de ori de câte ori este necesar conform parametrilor de scanare.

În ceea ce privește performanțele MKP-urilor, cel mai performant instrument fabricat de TP Technology este SKP 5050 [25]. Acesta poate utiliza vârfuri cu mărimea variind între 50 μm și câțiva mm, are o suprafață maximă de scanare de 50x50 mm² și o rezoluție maximă a potențialului de suprafață de ~1mV, aceasta degradându-se la ~20 mV în cazul utilizării unor rate mari de achiziție a datelor de ordinul ~16 eșantioane/s. Investigații ulterioare [26] și discuții cu câțiva utilizatori ai instrumentului au arătat că rezoluțiile menționate mai sus sunt rezoluții statice și că în condiții de scanare rezoluția potențialului de suprafață scade la ~30 mV rms. Mai mult, o imagine de 256x256 puncte pe o suprafață de 50x50 mm² are nevoie de până la 1 oră pentru a fi scanată, ceea ce este inacceptabil de mult pentru proiectul KEPRO. Totuși, trebuie subliniat că acest instrument a fost utilizat cu succes în cadrul unor experimente noi implicând materiale biologice și biomedicale [27], ceea ce făcut ca interesul partenerului nostru industrial din cadrul proiectului să fie ridicat în ceea ce privește eventualele aplicații viitoare și potențialul comercial al proiectului KEPRO.

În mod similar, cel mai performant MKP fabricat de către McAllister Technical Services (MTS) este KP 6500. În versiunea sa de scanare, KP 6500 poate utiliza vârfuri cu dimensiunile de la ~0.1mm până la câțiva mm, are o suprafață de scanare de până la 10x10 cm², poate atinge o rezoluție de 200 μV rms/punct pentru potențialul de suprafață în cazul operării statice și ~50 mV rms rezoluție/punct în scanare. Similar cu SKP 5050 de la KP Technology, KP 6500 are nevoie de mai mult de o oră pentru a finaliza scanarea unei imagini cu 256x256 puncte și suprafață de 50x50 mm². Mai mult, o versiune anterioară lui KP 6500 a fost utilizată pentru maparea potențialului de suprafață a diferitelor straturi de acoperire ce urmau a se utiliza la fabricarea electrozilor senzoriali capacitivi din cadrul proiectului LISA [28], dar măsurătorile nu au putut atinge – nici chiar după o masivă prelucrare offline a datelor – rezoluția cerută de experiment.

Niciunul din instrumentele disponibile comercial nu satisfac cerințele de performanță impuse de aplicațiile spațiale care au condus la inițierea proiectului KEPRO. De aceea, orice îmbunătățiri ale metodologiei și/sau a instrumentelor trebuie în mod necesar să rezulte din analiza atentă a limitărilor lor.

Limitările existente în stadiul actual

a. Rezoluția slabă a măsurătorilor potențialului de suprafață. Rezoluția măsurătorilor potențialului de suprafață pentru instrumentele disponibile comercial este cu cel puțin două ordine de mărime – în fapt chiar 3 ordine de mărime în timpul scanării – mai mare de cei 0.050 mV rms impuși de proiectului KEPRO.

b. Acuratețea slabă a măsurătorilor potențialului de suprafață. Acuratețea măsurătorilor potențialului de suprafață a instrumentelor actuale este mult sub cerințele proiectului KEPRO. Acest lucru se întâmplă din cauza metodelor suboptimale utilizate în prezent pentru estimarea potențialului de suprafață. După cum se arată în [23], aceste metode pot introduce erori de până la 100% în estimarea VCPD.

c. Viteza de scanare redusă. Operarea în modul de scanare a instrumentelor este complet nesatisfăcătoare pentru aplicațiile proiectului KEPRO, în sensul că o imagine de mărime rezonabilă cu 256x256 puncte și o suprafață de 50x50 mm² este scanată într-un timp mult prea lung.

d. Controlul suboptim al instrumentului. Controlul complet al instrumentului implică operarea cu valori optim controlate ale separării medii vârf-probă și a amplitudinii de oscilație a vârfului, i.e. cu ajutorul unor bucle de feedback de precizie și operare rapidă pentru fiecare din acești parametri. Metodologiile curente de operare furnizează feedback-ul de control pentru separarea medie vârf-probă, dar vitezele de actualizare sunt limitate la ~ 40 ms/update de către tranziții introduși în circuitul de detectare de către comutarea potențialului de operare/backing. Amplitudinea oscilației vârfului, nu are niciun control de feedback și se bazează doar pe "precizia electronicii" pentru a menține curentul constant în sistemul inductiv de oscilație mecanică. Din păcate, efectele termice (ex. încălzirea Joule) din acest sistem inductiv afectează în foarte mare măsură amplitudinea de oscilație, cauzând modificarea acesteia în timpul operării instrumentului.

Activitatea realizată: elaborarea arhitecturii hardware și software pentru analiza de date a instrumentului HBPSKP.

A. Arhitectura general-funcțională a instrumentului HBPKP

Principalele componente ale instrumentului HBPKP (Harmonic Backing Potential Kelvin Probe) sunt modulul **cap de măsură** și modulul de **control** HBPKP. Aceste două module sunt conectate prin I/O Bus 1.

Modulul cap de măsură al instrumentului HBPKP este practic componenta de investigare a probei de analizat, adică acea parte a instrumentului general care produce datele experimentale brute.

Modulul de control este în principal acel modul care controlează toate aspectele ce privesc operarea instrumentului, și anume:

- driving-ul și controlul capului de măsură al instrumentului HBPKP;

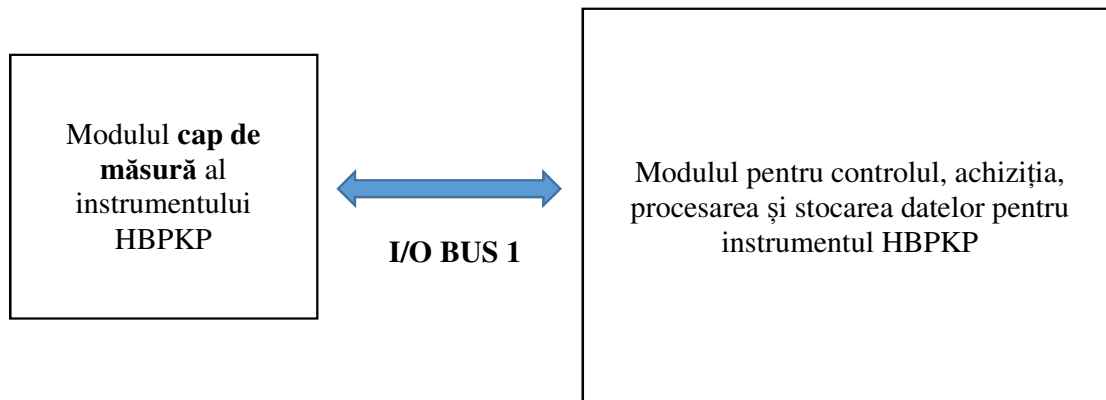


Figura 1 – Arhitectura generală a instrumentului HBPKP

- achiziția de date;
- procesarea datelor;
- stocarea datelor.

De observat că, întregul control al instrumentului, precum și datele fizice sunt obținute prin procesarea datelor brute generate de către modulul cap de măsură al HBPKP.

I/O Bus 1 (Bus-ul 1 de input/output) este un bus fizic care conectează modulul cap de măsură al HBPKP și modulele de control, și conține:

- bus-ul oscilatorului I/O pentru driving și control (pe scurt bus-ul oscilator de I/O);
- citirea semnalelor I/O de control și vârf (V_{CPD}) ale HBPKP (pe scurt bus-ul de I/O al vârfului)

B. Arhitectura funcțională a modului cap de măsură al instrumentului HBPKP

Principalele componente ale acestui modul sunt: modulul de oscilație a vârfului, tijă de transmisie, arcurile pentru suportul/ghidarea tijei de transmisie, cadrul/incinta vârfului tijei de transmisie, montura vârfului, vârful, suportul probei.

Modulul de oscilație a vârfului îndeplinește următoarele roluri:

- generează oscilațiile mecanice necesare pentru vibrația vârfului; practic cantitatea fizică d_1 în modelul teoretic;
- permite ajustarea de finețe a separării vârf – probă; aceasta înseamnă practic că furnizează controlul fin al cantității d_0 din modelul teoretic.

Operarea modulului de oscilație a vârfului este asigurată de către bus-ul oscilator I/O și implică utilizarea următorilor parametri operaționali:

- un nivel DC pentru controlul activ (practic pentru controlul separării vârf – probă d_0);

- un semnal AC pentru controlul activ (practic pentru controlul amplitudinii de oscilație a vârfului d_1).

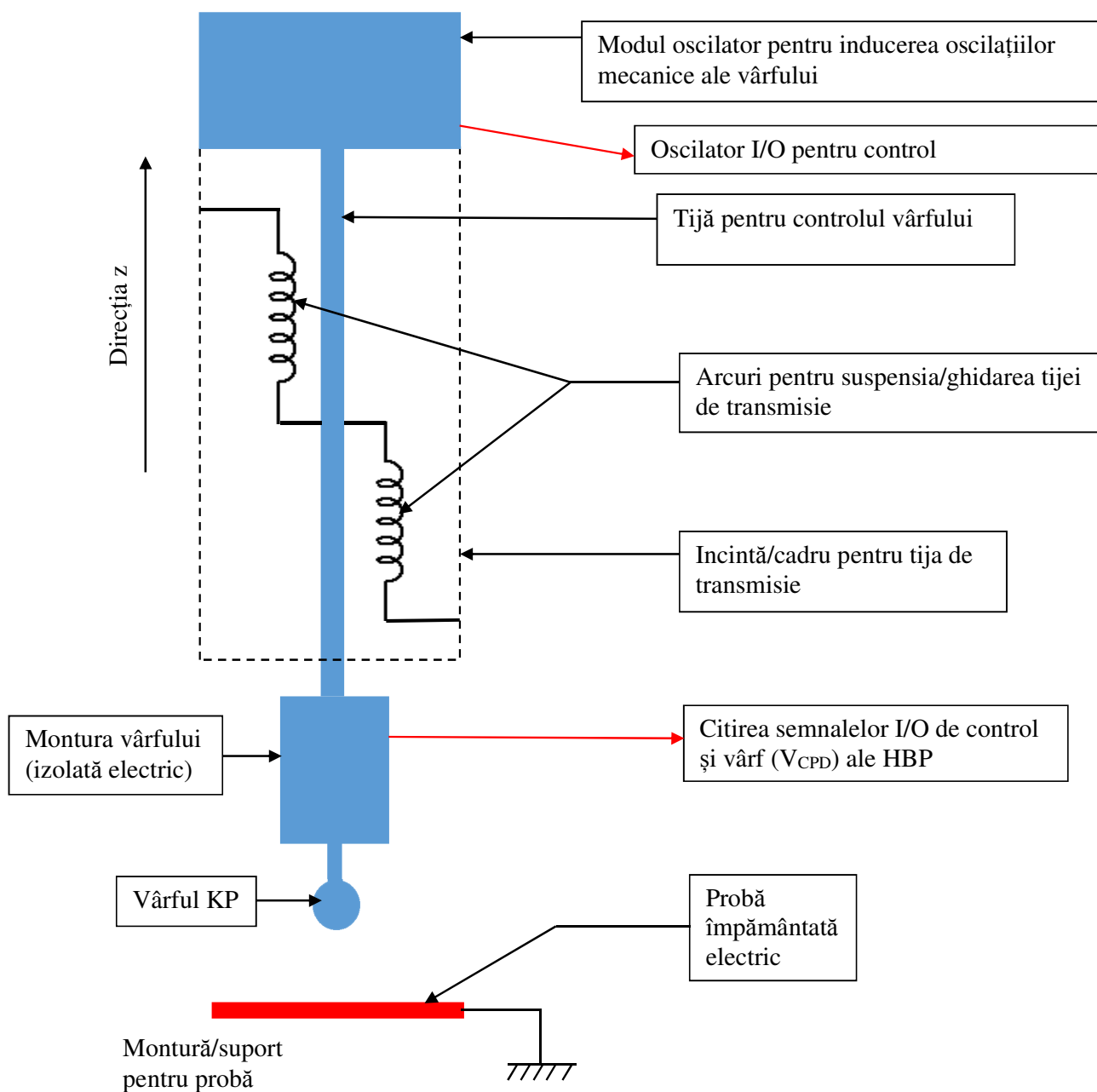


Figura 2 – Arhitectura modului cap de măsură al instrumentului HBPKP

Tija de transmisie îndeplinește rolul de a transmite mișcarea mecanică (translație și oscilație) de la oscilator la vârf. În timpul operării sale se află în contact mecanic direct cu oscilatorul și urmărește mișcarea translațională și oscilatorie a acestuia.

Arcurile pentru suportul/ghidarea tijei de transmisie îndeplinesc următoarele roluri:

- ghidează mișcarea tijei de transmisie;
- împiedică flambarea tijei de transmisie în timpul operării instrumentului;
- preia greutatea vârfului și a monturii vârfului de pe oscilator în timpul operării verticale a capului de măsură al HBPKP.

De regulă, arcurile sunt arcuri de tip membrană, dar pentru motive de simplitate se pot utiliza și arcuri de tip „crossed cantilever” în configurații „beam”.

Cadrul/incinta vârfului tijei de transmisie îndeplinește următoarele roluri:

- protejează vârful tijei de transmisie;
- sprijină arcurile de suport/ghidare; arcurile de suport sunt prinse rigid de cadrul/incintă menționat;
- sprijină modulul oscilator care este la rândul lui atașat rigid de cadrul/incintă menționat;
- asigură sprijin la atașarea modulului cap de măsură al instrumentului HBPKP de sistemul grosier pentru translația pe axa „z”; sistemul grosier pentru translația pe axa „z” este un sistem manual și nu este reprezentat grafic în figura 2.

Montura vârfului îndeplinește următoarele roluri:

- conectează vârful conductiv la capătul al tijei de transmisie;
- furnizează izolarea electrică între vârf și capătul tijei de transmisie;
- este atașat rigid de capătul tijei de transmisie;
- permite înlocuirea vârfului;
- permite conectarea electrică a vârfului la bus-ul vârfului I/O.

Vârful îndeplinește rolul de a genera datele brute ale instrumentului în cazul unei probe date prin măsurători electrice. Operarea sa este asigurată de către bus-ul vârfului I/O și implică utilizarea următorilor parametri operaționali:

- un semnal AC pentru controlul non-activ; acesta este practic potențialul armonic backing aplicat;
- un semnal AC de măsură; acesta este practic semnalul datelor brute generat de către măsurătorile electrice vârf – probă.

Supportul probei îndeplinește următoarele roluri:

- permite montarea probei în configurația instrumentului;
- furnizează împământarea electrică a probei;
- este atașat rigid de sistemul grosier pentru translația pe axa „z”.

C. Arhitectura modulului de control

Principalele componente ale acestui modul sunt: modulul de driving și DAQ (pe scurt modulul DDAQ), modulul pentru procesarea, controlul și stocarea datelor (pe scurt modulul

DPCS), bus-ul fizic I/O DPCS (I/O Bus 2) pentru conectarea modulelor DDAQ și DPCS, I/O Bus 1 pentru conectarea modulului de control la modulul cap de măsură.

Rolul acestor module este în principal acela de a controla toate aspectele operaționale ale instrumentului HBPKP.

În particular, modulul DDAQ asigură comunicarea electrică (achiziția de date și transportul semnalului) între modulul cap de măsură și modulul de control.

Modulul DPCS asigură practic toate operațiile legate de software pentru controlul instrumentului, pentru extragerea cantităților fizice relevante și stocarea datelor.

D. Arhitectura modulului de driving si DAQ (DDAQ)

Principalele componente ale acestui modul sunt: modulul DAQ si modulul de driving (pe scurt modulul DRV).

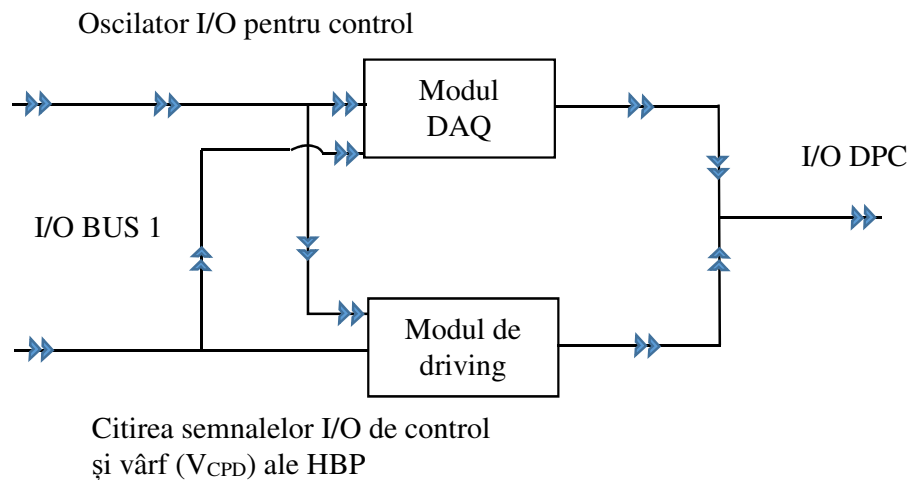


Figura 3 - Arhitectura modulului de driving și DAQ (DDAQ)

Modulul DAQ realizează practic toate operațiile de achiziție de date ale instrumentului și anume citește semnalele DC/AC de la oscilator și datele brute de semnal de la vârf. Practic aceasta este partea de achiziție de date a unui sistem DAQ dedicat.

Modulul de driving realizează practic toate operațiile de transport a semnalului pentru instrumentul HBPKP, și anume setează nivelul DC pentru oscilator (d_0), setează nivelul AC pentru oscilator (d_1) și setează amplitudinea HBP a vârfului.

Din punct de vedere hardware, modulul de driving poate consta din câteva canale de ieșire ale sistemului DAQ și din câteva canale ale unui generator de funcții.

E. Arhitectura modulului DPCS

Principalele componente ale acestui modul sunt: modulul de procesare a datelor (pe scurt modulul DP), modulul de stocare a datelor (pe scurt modulul DS), modulul de control PID al

oscilatorului (pe scurt modulul **OPID**), modulul de stocare a datelor de control (pe scurt **CDS**) și modulul de control HBP (pe scurt modulul **HBPC**).

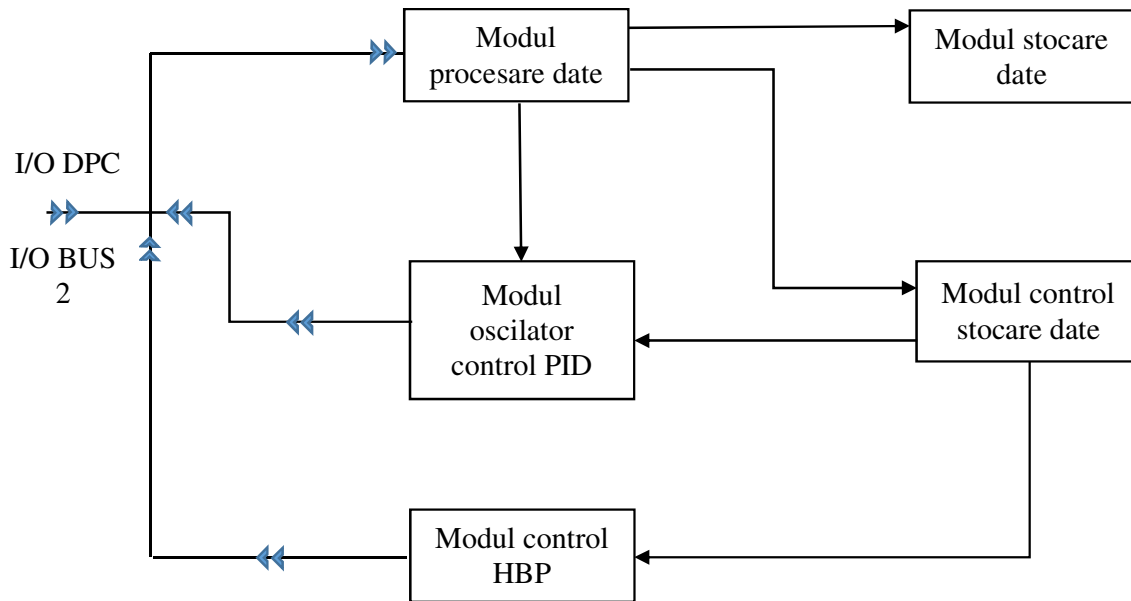


Figura 4 – Arhitectura modului DPCS

Modulul **DP**, practic, parsează semnalul brut cu informație temporală și prin utilizarea unui algoritm self-consistent, optim, de estimare, furnizează valorile parametrilor operaționali de model ai instrumentului și anume d_0 , d_1 și V_{CPD} . Algoritmul utilizat este simplu și intuitiv. Este vorba de algoritmul Newton-Gauss. Ulterior, dacă este necesar, acest algoritm poate fi îmbunătățit printr-o metodă mai sofisticată.

Modulul **DS** este, practic, un modul de stocare pentru datele cu informație temporală V_{CPD} furnizate de modulul DP. Acestea sunt datele fizice de ieșire furnizate de instrument – datele științifice. Aceste date trebuie stocate într-un format ce va permite procesarea lor ulterioară cu ajutorul unui program software de tip „third party”.

Modulul **CDS** este un modul de stocare dedicat, ce va fi utilizat pentru a stoca datele utilizate pentru controlul instrumentului. Aceste date vor include datele utilizate de către modulul CPID și acelea utilizate de către modulul HBPC. Datele stocate de modulul CDS nu sunt accesibile utilizatorului.

Modulul **OPID** primește practic datele de ieșire de la modulele DP și CDS și prin aplicarea unui algoritm de controler 1 PID determină corecțiile de semn ce trebuie aplicate semnalelor de control DC și AC ale oscilatorului pentru ca acesta să funcționeze la parametri setați de utilizator. Parametrii controlerului PID (parametrii funcției de transfer ai controlerului PID) sunt determinați empiric în timpul testării/reglării instrumentului. Este extrem de important să

observăm că, controlul feedback PID al oscilatorului implică în mod necesar controlul computerizat al generatorului de semnal, furnizând semnalele de offset AC și DC ale oscilatorului.

Modulul **HBPC** furnizează parametrii semnalului de vârf HBP și anume amplitudinea și semnalele de offset și frecvență ale HBP aplicate vârfului. Modulele OPID și HBPC constituie sistemul de control/software al modulului de driving de la paragraful D.

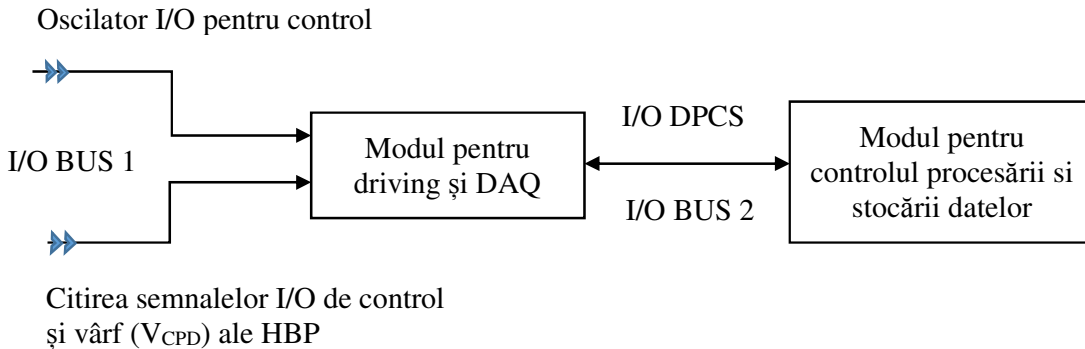


Figura 5 – Arhitectura modulului HBPC

Activitatea realizată: diseminarea rezultatelor.

Rezultatele obținute în cadrul prezentei etape de realizare a proiectului și anume: achiziția unor mijloace fixe și materiale vitale pentru dezvoltarea instrumentului HBPKP, analiza al ultimelor noutăți apărute pe plan internațional în domeniul proiectului și elaborarea arhitecturii hardware și software pentru analiza de date a instrumentului HBPKP, sunt diseminate prin prezentul raport științific și tehnic de etapă, precum și prin pagina web a proiectului.

C. Concluzii

În scopul dezvoltării ansamblului mecanic pentru instrumentul HBPSKP, în cadrul prezentei etape, au fost achiziționate mijloace fixe și materiale extrem de importante pentru realizarea în continuare a proiectului.

Pentru actualizarea informațiilor privind domeniul tehnic al proiectului s-a realizat o analiză a ultimelor noutăți apărute pe plan internațional. Această analiză a investigat domeniul microscopiei de sondă Kelvin și al spectroscopiei macroscopice de sondă Kelvin și au fost puse în evidență limitările existente în stadiul actual.

Elaborarea arhitecturii hardware și software pentru analiza de date a instrumentului HBPSKP s-a realizat, de asemenea, în cadrul prezentei etape și a inclus arhitectura general-funcțională a instrumentului HBPKP, arhitectura funcțională a modulului cap de măsură al

instrumentului HBPKP, arhitectura modului de control, arhitectura modului de control și DAQ (DDAQ), și arhitectura modului DPCS.

Obiectivele prezentei etape au fost realizate integral.

D. Bibliografie

1. Reasenberg R D, Lorenzini E C, Patla B R, Phillips J D, Popescu E M, Rocco E, Thapa R, *Class. Quantum Grav.* **28** 094014 (2011).
2. Reasenberg R D, Phillips J D, Popescu E M, *Class. Quantum Gravity* **28**, 225001 (2011).
3. Dolesi R et al, *Class. Quant. Grav.* **20**, S99, 2003.
4. Stebbins et al, *Class. Quant. Grav.* **21**, S653, 2004.
5. Camp J B, Darling T W, Brown R E, *J. Appl. Phys.* **69**(10), 7126-7129 (1991).
6. Camp J B, Darling T W, Brown R E, *J. Appl. Phys.* **71**(2), 783-785 (1992).
7. Camp J B, Schwarz R B, *Appl. Phys. Lett.* **63**(4), 455-457 (1993).
8. Speake C C, *Class. Quantum Grav.* **13**, A291-7 (1996).
9. Patla B, Lorenzini E, Phillips J D and Reasenberg R D, *Bull. Am. Phys. Soc.* **55**, S10.00006 (2010).
10. Anza S et al, *Class. Quant. Grav.* **22**, S125-S138 (2005).
11. Sun K X et al, *Class. Quant. Grav.* **23**, S141, 2006.
12. Kalinin S, Gruverman A, *Scanning Probe Microscopy of Functional Materials*, Springer 2010, ISBN 978-1-4419-6567-7.
13. <http://www.oxford-instruments.com/products/scanning-probe-microscopy/low-temperature-spm/cryogenic-stm-sfm>
14. <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-6406EN.pdf>
15. <http://www.ntmdt.com/modular-afm/prima>
16. <http://www.princetonappliedresearch.com/Our-Products/Electrochemical-Scanning-System/index.aspx>
17. http://www.parkafm.com/product/product_view.php?gubun=R&id=4&product_name=XE-150
18. <http://www.witec.de/products/afm/alpha300-a/>
19. <http://www.nanosurf.com/?content=040230>
20. <http://www.specs-zurich.com/en/home.html;jsessionid=FAFCACD07A061F9E6F9C79FA339153C7>
21. <http://www.kelvinprobe.com/products-scanning.html>
22. <http://www.mcallister.com/>
23. Popescu E M, *Class. Quant. Grav.* **22**, 225005 (2011).
24. Baumgartner H, *Meas. Sci. Technol.* **3**, 237-238 (1992)
25. KP Technology SKP 5050: <http://www.kelvinprobe.com/products-scanning.html>
26. Iain Baikie, personal communication December 2010, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA, USA.
27. Ahn A C et al, *Phys. Rev.* **E85**, 061901 (2012).
28. Baikie I D, Smith P J S, Porterfield D M, Estrup P J, *Rev. Sci. Instrum.* **70**, 1842

(1999).