

HUMAN SPACEFLIGHTS AND MICROGRAVITY

ACES-ELT

PERFORMANCE VERIFICATION OF EXTREMELY PRECISE ATOMIC CLOCK IN MICROGRAVITY AND INDEPENDENT TIME MEASUREMENTS ON EARTH AND IN SPACE



Czech Space Research Centre
Kojetínská 1163/18
767 01 Kroměříž Czech Republic
www.csrc.cz

Project duration: 2010 to 2017
Project manager: Václava Dolejšková
wendy.dolejskova@csrc.cz

Czech Space Research Centre

is a privately owned company situated in Brno and Kroměříž. CSRC was founded in 1994 to transfer space technology and standards to the Czech space industry. CSRC main domain is a complex realization of space electronics projects based on electronics design with cooperation of Faculty of Electrical Engineering and Communication, Brno University of Technology. CSRC successfully produced number of instruments and tools made by experts and certified by ESA, for example Integral, SMART-1, Swarm, DEMETER, PROBA-2, SATRAM or Solar Orbiter. Complex activities include also tests, simulations, analyses and mechanical designs. CSRC has implemented ESA ECSS standards related to the cleanroom manufacturing activities including certified system of quality. CSRC, as an ESA audited Czech company, is an attractive business partner for the whole international space industry.

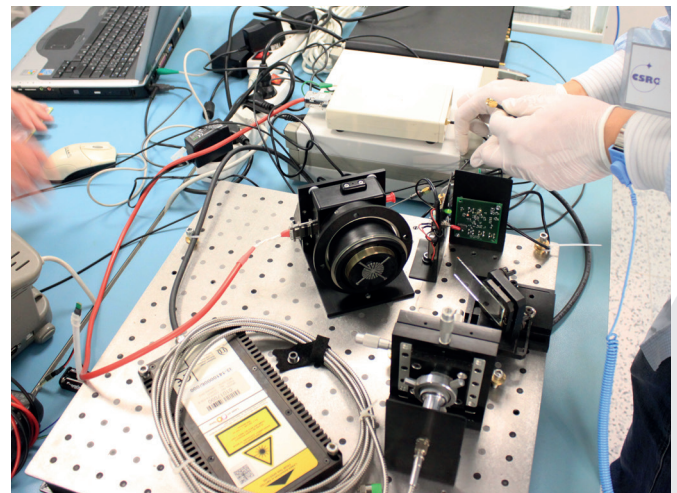
The ELT (European Laser Timing) project is purely Czech contribution to important international experiment ACES (Atomic Clock Ensemble in Space). Its major goal is to verify performance of new generation of extremely precise atomic clock in microgravity and to perform independent time measurements on Earth and in space. ELT device is going to be installed on board the ISS, particularly on the external platform of European Columbus laboratory module.

The ELT instrument as part of the ACES will provide optical link supplementing four microwave links. The ELT flight model is developed by the CSRC in cooperation with Airbus Defence & Space and Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Czech Technical University in Prague. The on-board hardware of ELT consists of a CCR (Corner Cube Reflector), an optical detector SPAD (Single-Photon Avalanche Diode), and an event timer board connected to the ACES time scale. Light pulses fired towards ACES by a laser ranging ground station will be detected by the SPAD diode and time tagged in the ACES time scale. At the same time, the CCR will re-direct the laser pulse towards the ground station providing precise ranging information.

Optical link will perform comparison of distant clocks, both space-to-ground and ground-to-ground, to frequency uncertainty levels well below 1×10^{-16} . Because of the high stability of the ACES clock signal, non-common view comparisons of clocks across intercontinental distances will be possible with ELT.

Optical link also finds interesting applications in:

- The distribution of the ACES time reference and in the synchronization of geodetic observatories
- Combined with microwave performance, the ELT will contribute to the characterization and cross-comparison of two different time transfer and ranging systems
- Optical versus dual-frequency microwave measurements also provide useful data for the study of atmospheric propagation delays and for the construction of mapping functions at three different wavelengths



European Laser Timing instrument performance tests. Source: CSRC

What would you name as main benefits of the project to you and your company?



"Participating in this complex project, CSRC has gained great technical experience in design, development, and manufacturing of electronic devices for operation in space. Working on this project is not only an exciting challenge, but it is also a very prestigious opportunity, for a relatively small Czech company, to be part of a team working on equipment that is going to be used on the ISS. We have also learned important aspects of project management, design and development and documentation according to ECSS standards. We are also very honoured to work together with world leaders in this field. This project is under the umbrella of the European Space Agency and our closest Czech partner is a scientific team lead by Professor Ivan Procházka from the Czech Technical University who is the world's renowned leader in this field."

ACES-ELT

OVĚŘENÍ ČINNOSTI EXTRÉMNĚ PŘESNÝCH ATOMOVÝCH HODIN
V MIKROGRAVITACI A NEZÁVISLÉ MĚŘENÍ ČASU NA ZEMI A VE VESMÍRU



Czech Space Research Centre
Kojetínská 1163/18
767 01 Kroměříž
www.csrc.cz

Trvání projektu: 2010 až 2017
Vedoucí projektu: Václava Dolejšková
wendy.dolejskova@csrc.cz

Czech Space Research Centre

je soukromá společnost, která má pobočky v Brně a Kroměříži. Byla založena v roce 1994 se záměrem realizovat vývoj a výrobu elektronických systémů v oblasti kosmických technologií a stát se významnou součástí českého kosmického průmyslu. CSRC dlouhodobě spolupracuje s fakultou Elektrotechniky a komunikačních technologií na VUT v Brně. Firma úspěšně realizovala řadu projektů pro mise ESA a dalších evropských kosmických agentur, např. Integral, SMART-1, Swarm, DEMETER, Proba-2, SATRAM či Solar Orbiter. Komplexní služby zahrnují také testování, simulace, analýzy a návrh mechanických částí. Firma CSRC zavedla ESA ECSS standardy do vlastního výrobního procesu realizovaného v čistém prostoru, které zahrnují také certifikovaný systém kvality. Jako česká společnost auditovaná agenturou ESA, je CSRC atraktivním obchodním partnerem pro mezinárodní kosmický průmysl.

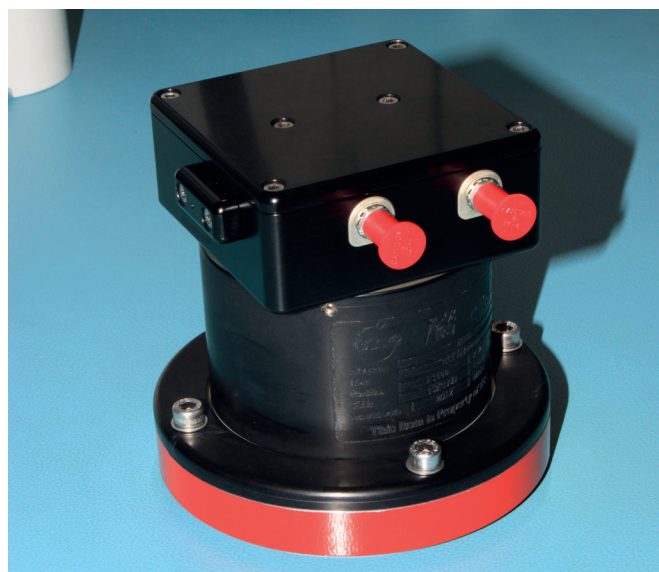
Projekt ELT (European Laser Timing) je ryze českým příspěvkem k významnému mezinárodnímu experimentu ACES (Atomic Clock Ensemble in Space). Jeho cílem je ověřit činnost nové generace extrémně přesných atomových hodin v podmínkách mikrogravitace a provádět na sobě nezávislá měření času na Zemi a na oběžné dráze kolem Země. ELT bude nainstalován na palubě Mezinárodní kosmické stanice ISS, konkrétně na vnější platformě evropského laboratorního modulu Columbus.

Přístroj ELT je součástí ACES a slouží jako optické spojení, které doplňuje čtveřici mikrovlnných linek. Letový model ELT je realizován firmou CSRC ve spolupráci s firmou Airbus Defence & Space a Fakultou jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze. Palubní deska ELT obsahuje koutový odražeč CCR (Corner Cube Reflector), speciální optický detektor SPAD (Single-Photon Avalanche Diode) a časovač. Laserový impuls vyslaný z pozemní stanice bude detekován senzorem SPAD a časovač zaznamená okamžik jeho průchodu v místní časoměrné stupnici. Ve stejném čase koutový odražeč přeměruje vyslaný impuls zpět směrem k pozemní stanici poskytující přesné informace o uražené vzdálenosti.

Na obou stanicích jsou vysoce přesné atomové hodiny. Laserové spojení provede srovnání vzdálených hodin a to jak ve směru ISS-Země, tak i Země-ISS-Země s úrovní nejistoty nižší než 1×10^{-16} . Vzhledem k vysoké stabilitě hodinového signálu ACES, bude možné

srovnat hodiny na mezikontinentální vzdálenosti. Optické spojení také najde zajímavé uplatnění v následujících oblastech:

- Synchronizace referenčního času geodetických observatoří
- V kombinaci s mikrovlnnou linkou přispěje ELT k charakterizování a vzájemnému porovnání dvou různých časových převodových a pásmových systémů
- Měření optických versus dvou frekvenčních mikrovln poskytují užitečná data pro studování zpoždění signálu při průchodu atmosférou a fungování metodiky založené na třech rozdílných vlnových délkách



Přístroj European Laser Timing. Zdroj: CSRC

Co vám účast v projektu přinesla?



„Účast v tomto projektu přinesla CSRC mimořádné zkušenosti při technické realizaci komplexního projektu v oblasti vývoje a výroby elektronického zařízení pro reálný provoz v kosmickém prostoru. Z hlediska mezinárodní prestiže, kdy se výrobek české firmy stává součástí přístrojového vybavení ISS, si lze jen velmi těžko představit významnější výzvu. Dalším důležitým přínosem je získání neocenitelných zkušeností během realizace projektu a to zejména v oblasti projektového managementu, vývoje, výroby a tvorby dokumentace v souladu s normami ECSS pro kosmický program. V rámci tohoto projektu, který zastřešuje ESA, jsme měli tu čest spolupracovat s lidry v oboru a nám nejbližším českým partnerem je vědecký tým pana prof. Ivana Procházky z ČVUT, jenž patří k absolutní světové špičce.“