

# Bowlingový robot zdatným protivníkom profesionálnych hráčov

V USA je bowling národným športom. Podľa odhadov hrá bowling v priebehu roka približne 70 miliónov ľudí, pričom viac ako dva milióny z nich sa tomuto športu venujú pravidelne v spolkoch a kluboch. Organizácia United States Bowling Congress (USBC) zastrešuje tieto bowlingové spolky a kluby po celých Spojených štátoch a prostredníctvom nákladných materiálových a kvalitatívnych testov zabezpečuje technickú dokonalosť tohto športu. Asociácia nasadila vysokú latku v roku 2010 inštaláciou výkonného bowlingového robota E.A.R.L. (Enhanced Automated Robot Launcher). Ten navrhla inžinierska spoločnosť ARM Automation. Jeho mozgom je platforma na báze PC a komunikačného systému EtherCAT.

ARM Automation so sídlom v texaskom Austine vytvára automatizačné riešenia podľa požiadaviek zákazníkov pre široké spektrum priemyselných odvetví. Ťažisko činnosti spoločnosti spočíva v konštrukcii robotov pre rozmanité oblasti nasadenia – testovacie systémy pre ortopedické implantáty, roboty na manipuláciu s rádioaktívnym materiálom, ponorné roboty na fontánové show, dopravníky na montáž a balenie počítačov, mobilné roboty na automatizáciu skladov, laserové nástroje mikrospracovania vo výrobe polovodičov a pod. Silnou stránkou ARM Automation je vývoj riešenia na kľúč presne podľa želaní a požiadaviek zákazníka. „ARM Automation bola jediná firma, ktorá bola pripravená zostrojiť nám robotické riešenie presne podľa našich potrieb,“ vysvetľuje Neil Stremmel, predseda predstavenstva USBC.

## Simulácia správania hráča

Vývoj robota E.A.R.L. sa v prvom rade zamerlal na preskúmanie istých zákonitostí a súvislostí pri hre ako takej. „Vyhodnotením robotických dát sa prišlo na spojitosť medzi pohybom gule a mierou zásahu. E.A.R.L. je schopný simulovať štýl každého bowlingového hráča. Trénerom to pomáha tým, že im ukazuje, do akej miery sa menia podmienky pri súťažení medzi bowlingovými hráčmi a ako sa najlepšie prispôbiť neustále sa meniacemu prostrediu bowlingového prostredia,“ hovorí Neil Stremmel. USBC ponúka svojim členom v rámci servisu možnosť testovania bowlingového vybavenia (gule, materiály na dráhu, oleje na mazanie dráhy a pod.) Na elimináciu výkyvov, ktoré vzniknú pri testovaní od každého bowlingového hráča, sa USBC rozhodla využiť možnosti automatizácie a robotiky. USBC už v minulosti nasadila bowlingového robota s menom Harry. „Harry neponúkal dostatočnú opakovateľnú presnosť a novým testovacím podmienkam, ako napr. zmenám v pozícii, sa adaptoval len veľmi ťažko. Odpoveďou na tieto obmedzenia bolo vytvorenie robota E.A.R.L., ktorým sa napokon dramaticky vylepšil rozsah testovania, možnosti polohovania a zadania rýchlostí,“ ozrejmjuje východiskovú situáciu Stephen Grupinski, obchodný riaditeľ ARM Automation.

## Optimálna synchronizácia a presnosť pohybových sekvencií

Pohybový systém robota E.A.R.L. sa skladá z jednej lineárnej osi na umiestnenie gule na šírke dráhy, z päťosového polohového robota, z mechanizmu na rotáciu gule a z mechanizmu na vrhnutie gule, ktorý je nainštalovaný na koncovom manipulačnom ramene. Hoci švih rukou vyzerá triviálne, pokiaľ guľu uchopí robot a hodí ju na dráhu, treba pri každom hode zohľadniť množstvo parametrov. Typické testovacie nastavenie vyzerá takto:

- orientácia manipulátora robota na ťažisko bowlingovej gule,
- uvoľnenie gule pri hode vo vzťahu k bowlingovej dráhe (výška, pozícia pri čiare prešlapu, pozícia vzhľadom na šírku dráhy, uhol hodu, trajektória gule),
- rýchlosť hodu a rotácie gule.

„Najväčšou výzvou pri vývoji mechanického a elektrického riadenia bol najvhodnejší okamih uvoľnenia gule zo zovretia manipulátora,“ uvádza Greg Wiese, projektový inžinier ARM Automation. USBC požadovala rýchlosť hodu 10,7 m/s. Časová odchýlka iba jedna milisekunda má za následok zmenu uhla zrážky s kolkami o jeden stupeň a vo vzťahu k čiare prešlapu odchýlku 12,7 mm (pri prešlape je

hod neplatný). Pri väčších odchýlkach hrozí nebezpečenstvo, že sa guľa vrhne do stropu alebo silno dopadne na dráhu. „Vďaka funkcii distribuovaných hodín systému EtherCAT sme dosiahli optimálnu synchronizáciu a presnosť.“



Pohybový aparát robota E.A.R.L. sa skladá z lineárnej osi, z päťosového polohového robota a z mechanizmu na rotáciu a vrhnutie gule

Koordinácia externých vstupov/výstupov s riadením a polohovaním pohonov prebieha počas niekoľko mikrosekúnd. Poloha koncového manipulátora robota sa sprostredkováva pohonom pripojeným na systém EtherCAT, aby bolo možné určiť presný okamih hodu gule. Toto polohovanie v časovom rozpätí kratšom ako 1 ms je mimoriadne rýchle, takže uhol hodu gule možno exaktne určiť. E.A.R.L. je tým schopný odhodiť guľu do 250 mikrosekúnd po zosnímaní polohy,“ hovorí Joe Geisinger, technický riaditeľ ARM Automation.



Hoci švih rukou vyzerá triviálne, chytenie a vrhnutie gule robotom vyžaduje zohľadnenie množstva parametrov

## Nastavenie parametrov v priebehu sekúnd

Aby sa splnili vysoké nároky na presnosť tejto robotickéj aplikácie, nasadila ARM Automation komunikačný systém EtherCAT a riadiaci systém na báze PC od spoločnosti Beckhoff. Prostredníctvom ovládacieho panela môže personál USBC jednoducho a pohodlne zadať svoje testovacie nastavenia. K dispozícii je jedenásť rôznych variantov konfigurácie štýlov hodov, rýchlosti gule a nasmerovania. Robot možno preprogramovať cez ovládací panel na kompletne iné parametre za menej ako 10 sekúnd.

Riadenie zahŕňa kompaktný priemyselný počítač C6920 od Beckhoffu, operačný systém Windows CE a automatizačný softvér TwinCAT NC PTP. EtherCAT slúži ako komunikačný systém pre vstupy/výstupy a pohony. Ako používateľské rozhranie sa zvolil panel Control Panel CP6901 s 12-palcovou obrazovkou od rovnakého dodávateľa.



Testovacie nastavenia možno pohodlne zadávať na ovládacom paneli s 12-palcovým dotykovým displejom. Robot možno preprogramovať cez ovládací panel na kompletne iné parametre za menej ako 10 sekúnd

## EtherCAT integruje riadenie pohybu a vstupy/výstupy

ARM Automation je niekoľko rokov aktívnym členom v skupine EtherCAT a spoločnosťou vyvíjajúcou zariadenia pracujúce v systéme EtherCAT v režime slave. „Pred niekoľkými rokmi sme

prešli na systém EtherCAT, ktorý nám v porovnaní s klasickými zbernicovými systémami prináša niekoľko výhod. Na prechod k EtherCAT nás presvedčili fakty, ako známy ethernetový systém, všeobecné výkonné dáta, stúpajúci záujem o siete na báze ethernetu u našich zákazníkov, ako aj možnosť skombinovať riadenie pohybu a V/V funkcionalitu na tej istej sieti. EtherCAT nám tiež umožňuje diagnostikovať komunikačnú zbernicu a na konkrétnych miestach odhaliť prípadné poruchy fyzickej prenosovej vrstvy. Otvorenosť architektúry riadiaceho softvéru TwinCAT navyše ponúka flexibilitu pripojenia existujúcich SERCOS zariadení prostredníctvom zbernicovej karty Mini-Sercos, ktorá je inštalovaná na priemyselnom PC C6920,“ pokračuje Stephen Grupinski.

## Vývoj riadenia pohybu na báze TwinCAT

E.A.R.L. predpokladá zber dát zo vstupov hojného počtu prístrojov a komunikáciu s pohonnými vo flexibilnom prostredí. „Presne toto ponúka TwinCAT System Manager a EtherCAT – rôzne platformy možno navzájom jednoducho prepojiť. S týmto systémom vieme vykonávať paralelné úlohy, ako je napr. komunikácia so vstupmi/výstupmi a pohonnými na rôznych skenovacích hodnotách, čo výrazne zvýšilo efektívnosť,“ uvádza Joe Geisinger. Automatizačný softvér TwinCAT zaznamenáva V/V dáta a koordinuje ich s dátami polohy pohonov, vypočítava inverznú kinematiku a generuje ďalšie príkazy na polohu pohonov robota. ARM vyvinula pre robot vlastnú kinematickú transformáciu, ktorá sa implementuje do TwinCAT-u a prenáša sa do numerického riadenia prostredníctvom externého generovania žiadaných hodnôt. Joe Geisinger: „Tu sme využili funkciu riadenia pohybu TwinCAT-u programovaním trajektórie. Pomocou NC PTP riadime pohyb jednotlivých osí a neustále kontrolujeme status EtherCAT pohonov.“

Prepracovali sa tiež bezpečnostné mechanizmy robota, pričom TwinCAT monitoruje všetky bezpečnostné prístroje. Ak sa počas prevádzky vyskytne chyba, okamžite sa odpájajú všetky pohony a robot zaujíma bezpečnú polohu, kým sa systém správne neobnoví. E.A.R.L. je obklopený ochrannou klietkou vybavenou bezpečnostnými senzormi, svetelnými závesmi a bezpečnostnými relé na dosiahnutie optimálnej bezpečnosti.

## Optimalizovaná testovacia situácia, jednoduchšia manipulácia

„Momentálne máme viac možností a širšie rozpätie na výšku hodu, trajektóriu, rýchlosť gule, rotáciu a uhol hodu. E.A.R.L. môže manipulovať s väčším výberom gúl s rôznym priemerom a so širšími možnosťami rotácie gule. Pohyb E.A.R.L.-a a zmeny v nastaveniach sú podstatne jednoduchšie a oveľa presnejšie ako v prípade predchádzajúceho robota,“ podotýka Neil Stremmel.

„Navyše schopnosť E.A.R.L.-a odhodiť guľu s presnosťou do 250 mikrosekúnd vďaka využitiu EtherCAT-u nám, pravdepodobne, eliminovala týždeň práce pri ladení a odstraňovaní chýb. Je to tým, že EtherCAT sa jednoducho integruje a je výnimočne odolný. Jedna sieť EtherCAT môže pripojiť päť ďalších zbernic, ak je to potrebné, tak aj všetky na jednom kábli a jednej riadiacej platforme. Veľkou výhodou EtherCAT-u a TwinCAT-u je schopnosť prepojiť špecifické zariadenia pracujúce na odlišných zberniciach, čím sa zachováva vysoká integrácia sieťového systému,“ zakončuje Joe Geisinger.

„ARM sa snaží neustále hľadať nové nástroje a inovatívne postupy na optimalizáciu výkonu svojich riešení. Komplexné úlohy od našich zákazníkov treba často prispôbovať ich želaniam, čo vyžaduje flexibilné platformy riadenia, ktoré možno zodpovedajúco konfigurovať. Otvorená a modulárna riadiaca architektúra Beckhoffu nám ponúka v tomto prípade presne ten správny nástroj na tvorbu riešení na kľúč,“ dodáva Stephen Grupinski.

[www.pc-control.net](http://www.pc-control.net)

-bb-