



Data a Elektronika ve Formuli 1

Data and Electronics in Formula 1

Adam Míka

Semestrální práce

Předmět: HKUI

Obsah

1	Úvod	2
2	Historie elektroniky ve Formuli 1	2
2.1	Počátky – 1950–1970	2
2.2	První elektronické systémy – 1970–1980	2
2.3	Éra turbomotorů a řízení motorů – 1980–1990	2
2.4	Éra aktivních systémů – 1990–1994	3
3	Současné využití dat a elektroniky	3
3.1	Generování dat ze senzorů	3
3.2	Objem generovaných dat	3
3.3	Přenos dat a latence	4
3.4	ECU a standardizace	4
3.5	Software pro analýzu dat	4
4	Význam elektroniky a dat pro výkon	5
4.1	Omezený testovací čas	5
4.2	Regulace FIA	5
4.3	Výhody datově řízeného přístupu	5
4.4	Cloud computing a simulace	5
5	Závěr	6

1 Úvod

Moderní Formule 1 představuje jeden z nejsofistikovanějších systémů inženýrství, jaké lidstvo kdy vytvořilo. V prostředí, kde je testovací čas na trati extrémně limitovaný a technologie se neustále vyvíjejí, se data stala klíčovým faktorem úspěchu [1].

Současný vůz Formule 1 je inteligentním a propojeným datovým systémem schopným cestovat rychlostí přesahující 300 km/h. Za víkend závodu může jeden vůz vygenerovat přes 1 terabyte dat, včetně video záznamu a dalších podpůrných informací [2].

Tato práce se zaměřuje na historický vývoj elektroniky ve Formuli 1, současné využití dat a senzorů, a jejich dopady na výkon vozů a strategii týmů.

2 Historie elektroniky ve Formuli 1

2.1 Počátky – 1950–1970

V raných letech Formule 1 nebyly vozy ovlivněny počítačovou technologií téměř vůbec. Když mistrovství světa začalo v roce 1950, první programovatelný počítač byl vynalezen teprve rok předtím. Počítač EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) zabíral prostor dvou vozů Formule 1 a programování jednoduchého programu trvalo hodiny [3].

Vozy F1 zůstaly čistě mechanickými zařízeními až do 60. let 20. století a byly navrhovány na tradičních rýsovacích prknech. Klíčovým nástrojem pro analýzu výkonu byl sám jezdec – jednoduchá chyba řidiče nebo jeho nepochopení chování vozu mohlo snadno vést k odstoupení ze závodu [3].

2.2 První elektronické systémy – 1970–1980

Teprve v 70. letech umožnily pokroky v elektronických komponentech a mikroprocesorech zavedení mikropočítačů. McLaren jako první nasadil telemetrii v roce 1975 – ne ve Formuli 1, ale v IndyCar. Johnny Rutherfordův McLaren M16E disponoval telemetrickým systémem schopným monitorovat 14 parametrů vozu a přenášet data do boxů pomocí rádia každé kolo [3].

V Formuli 1 byl průkopníkem v oblasti datového zaznamenávání Dr. Karl Kempf ze společnosti Goodyear. Jeho “černá skříňka” obsahovala nástroje pro monitorování různých parametrů vozu a počítač pro interpretaci signálů. Data byla zaznamenávána na standardní audiokazetu, která mohla být následně analyzována v boxech [3].

2.3 Éra turbomotorů a řízení motorů – 1980–1990

80. léta přinesla významný rozvoj elektroniky ve vozech. První kompletní systém řízení motoru byl Bosch Motronic ECU (Engine Control Unit), poprvé nasazený týmem Brabham s motorem BMW v roce 1983 [3]. Tento systém kontroloval jak vstřikování paliva, tak zapalování, což umožnilo týmům:

- Snížit turbo lag a zvýšit spolehlivost motorů
- Výrazně zlepšit efektivitu spotřeby paliva
- Přizpůsobit výkon motoru aktuálním podmínkám na trati

Elektronické řízení motoru bylo klíčové zejména po zavedení limitu 220 litrů paliva bez dotankování v roce 1984 (v roce 1986 sníženo na 195 litrů). McLaren s motorem TAG-Porsche a systémem Motronic ECU dominovali sezóně 1984 díky kombinaci výkonu, efektivity a spolehlivosti [3].

Do poloviny 80. let turbomotory s pokročilými řídicími systémy dosahovaly v kvalifikačních režimech výkonu přes 1000 koňských sil. Tým Benetton dokonce v roce 1986 dosahoval až 1300 koňských sil – nejvyššího výkonu v historii F1 [3].

2.4 Éra aktivních systémů – 1990–1994

90. léta znamenala vrchol využití elektroniky ve vozech F1. V roce 1993 týmy provozovaly vozy s “aktivním podvozkem” (active-ride), které využívaly elektronické řídicí systémy. Patřily mezi ně aktivní zavěšení, posilovač řízení, brzdový asistent a kontrola trakce [3].

Tým Williams byl v této éře dominantní s vozy FW14B a FW15C, které kombinovaly aktivní podvozek s kontrolou trakce realizovanou pomocí speciálního mapování motoru.

Vzhledem k rostoucí složitosti vozů a dominanci jednotlivých týmů FIA v roce 1994 zakázala všechny tzv. “elektronické asistenty řidiče”, čímž skončila éra nejvíce elektronicky pokročilých vozů v historii F1 [3].

3 Současné využití dat a elektroniky

3.1 Generování dat ze senzorů

Moderní vůz F1 je vybaven více než 250 senzory během běžného závodního víkendu [1]. Tyto senzory lze rozdělit do tří hlavních kategorií:

- **Řídicí senzory** – spojené s funkcemi drive-by-wire, například senzor polohy pedálu plynu
- **Monitorovací senzory** – sledují zdraví vozu, například tlak v hydraulickém systému
- **Instrumentační senzory** – bezkontaktní teplotní senzory pro sledování třecích materiálů

Senzory jsou fyzicky připojeny buď přes analogový systém k elektronické řídicí jednotce (ECU), která řídí celý vůz, nebo přes sérii CAN sběrnic (Controller Area Network) kolem vozu, které přinášejí informace zpět do centrální jednotky. Na voze je v typické konfiguraci 17 samostatných CAN sběrnic, z nichž každá komunikuje s mnoha různými zařízeními [1].

3.2 Objem generovaných dat

Celkové množství dat generovaných za závodní víkend na jeden vůz, včetně videa a podpůrných informací, přesahuje 1 terabyte. Po následném zpracování může toto číslo narůst dvakrát až třikrát [1].

Pokud jde o “živá” data generovaná vozem za jízdy, jedná se přibližně o 30 megabytů na kolo, ale může to být dvakrát až třikrát více, jakmile se vůz vrátí do boxů a data jsou stažena pomocí fyzického “pupeční šňůry” připojení [2].

V průběhu závodního víkendu v Mexiku v roce 2022 bylo mezi továrnami v Brackley a Brixworth a týmem na trati přeneseno přibližně 11 terabytů dat [2].

3.3 Přenos dat a latence

“Živá” data, jako je telemetrie z vozu, jsou pro tým v Race Support Room ve Velké Británii klíčová pro analýzu. Na evropských závodech mohou být data přijata během 10 milisekund, tedy téměř okamžitě. Pro vzdálené závody, jako je Austrálie (více než 16 000 km) nebo Japonsko (přibližně 9 600 km), trvá přenos dat asi 300 milisekund [1].

Telemetrický systém je společný pro všechny týmy F1, což je unikátní příklad spolupráce mezi týmy. Existuje rozsáhlá infrastruktura kolem okruhu, která zajišťuje 100% pokrytí [2].

3.4 ECU a standardizace

Každý vůz je osazen několika ECU. Centrem systému je standardní ECU neboli SECU (Standard Electronic Control Unit). SECU je v podstatě malý, ale velmi výkonný počítač, který kontroluje, zpracovává a přenáší velké množství dat z vozů F1 týmům [4].

SECU poskytuje společnost McLaren Applied ve formě jednotky TAG-320B, která je stanovena regulami a musí být použita všemi týmy Formule 1. TAG-320B poskytuje sdílenou platformu používanou týmem, dodavatelem pohonné jednotky i FIA. Tato jednotka zajišťuje funkce od základního provozu pohonné jednotky až po bezešvé řazení 8stupňové převodovky [4].

Vůz má přibližně 300 senzorů a SECU monitoruje přes 4000 parametrů. Během typického závodu vůz vysílá přibližně 3 GB telemetrických dat a 4 GB zaznamenaných dat [4].

3.5 Software pro analýzu dat

Většina inženýrů na trati i ve továrnách využívá software zvaný ATLAS od McLaren Applied pro analýzu a kontrolu dat, a to jak živě během závodního víkendu, tak retrospektivně [2].

Jezdci jsou vždy dychtiví dozvědět se více o svém výkonu, takže po každé jízdě a na konci dne věnují čas kontrole dat, porovnání s týmovým kolegou, analýze dat brždění a rychlostí v zatáčkách. Inženýrské skupiny kolem jezdců také intenzivně analyzují data, aby našly možnosti zlepšení výkonu vozu pro příští jízdu [2].

Mezi monitorované parametry patří:

- Fyzikální veličiny: teploty, tlaky, kroutící momenty, rychlosti
- Vstupy řidiče: brždění, plyn, úhel řízení, tlačítka na volant
- Výkon pohonné jednotky a hnacího ústrojí
- Aerodynamický výkon ze senzorů měřících tlak
- Degradace pneumatik pomocí termálních zobrazovacích senzorů

4 Význam elektroniky a dat pro výkon

4.1 Omezený testovací čas

Evan Short, vedoucí týmu elektronických systémů na trati u týmu Mercedes F1, vysvětluje: “Čas na trati je ve F1 velmi limitovaný zdroj. Nemůžeme jet znovu opakovat test, pokud se něco pokazí, takže tlak na to, aby to vyšlo napoprvé, je obrovský. To platí pro čas strávený na trati, čas strávený v aerodynamickém tunelu, a dokonce i pro simulace, které provádíme” [2].

4.2 Regulace FIA

Přísné regulace FIA (Fédération Internationale de l'Automobile) významně omezily technologii, aby zajistily, že schopnosti řidiče zůstanou důležitým prvkem. Mnoho řešení nalezených v komerčních vozech, jako je ABS a automatické převodovky, je ve Formuli 1 zakázáno [4].

4.3 Výhody datově řízeného přístupu

Stephen Watt, vedoucí elektroniky u týmu McLaren Racing, říká: “Vůz na trati je pouze špičkou ledovce; týmy jsou nyní silně řízeny daty, živí se daty přijímanými přes 5 Mbps telemetrické spojení v celém paddocku, stejně jako daty staženými z různých palubních záznamníků” [4].

Elektronika a data umožňují:

- Okamžitou detekci problémů a jejich řešení bez nutnosti návratu do boxů
- Optimalizaci nastavení vozu na základě objektivních měření
- Strategické rozhodování na základě degradace pneumatik a spotřeby paliva
- Simulaci a vývoj komponent bez nákladného testování na trati
- Analýzu konkurence a porovnání výkonnosti

4.4 Cloud computing a simulace

Moderní týmy F1 využívají cloud computing – na rozdíl od tradičních počítačů jsou cloudové počítače plně virtuální, běží v masivních datových centrech po celém světě a jsou přístupné přes internet. Když inženýrský tým potřebuje vyřešit složitý problém nebo analyzovat obrovský objem dat, cloud může poskytnout tisíce virtuálních strojů na vyžádání [3].

Speciálně navržené hardwarové clustery – skupiny desítek až stovek počítačů pracujících společně na složitých matematických výpočtech – pohánějí systémy výpočetní dynamiky tekutin (CFD), které se používají ke zlepšení aerodynamického výkonu, a také provozují simulátor, který umožňuje jezdcům vyvíjet vůz mimo trať [3].

5 Závěr

Formule 1 prošla v oblasti elektroniky a dat dramatickou transformací od čistě mechanických vozů 50. let až po současné datově řízené systémy generující terabajty informací za závodní víkend. Historie elektroniky ve F1 ukazuje neustálý technologický pokrok – od prvních telemetrických systémů na audiokazetách přes pokročilé řídicí systémy motorů v éře turbo až po dnešní sofistikované datové platformy.

Současná Formule 1 je neodmyslitelně spjata s elektronikou a daty. Více než 250 senzorů na voze, standardní ECU monitorující přes 4000 parametrů a pokročilé analytické nástroje umožňují týmům dosahovat výkonu, který by byl před několika desetiletími nemyslitelný.

Přestože některé pokročilé elektronické systémy byly v minulosti zakázány za účelem zachování důležitosti dovedností jezdce, role dat a elektroniky zůstává klíčová. V prostředí s omezeným testováním a neustálým vývojem poskytují data konkurenční výhodu potřebnou k úspěchu. Budoucnost Formule 1 bude nepochybně ještě více závislá na schopnosti týmů efektivně generovat, přenášet, analyzovat a využívat obrovské objemy dat.

Reference

- [1] Mercedes-AMG Petronas Formula One Team. *Feature: Data and Electronics in F1, Explained*. Mercedes F1, 2022. Dostupné z: <https://www.mercedesamgf1.com/news/feature-data-and-electronics-in-f1-explained>
- [2] MITCHELL, Stewart. *How Data Works in Formula 1*. Racecar Engineering, 18. listopadu 2022. Dostupné z: <https://www.racecar-engineering.com/articles/how-data-works-in-formula-1/>
- [3] ALEXANDER, Chris. *A Brief History of Computing in Formula 1*. McLaren Racing, 19. ledna 2016. Dostupné z: <https://www.mclaren.com/racing/team/a-brief-history-of-computing-in-f1-1052199/>
- [4] DI PAOLO EMILIO, Maurizio. *The Importance of Electronics in Formula 1*. EE Times, 8. září 2020. Dostupné z: <https://www.eetimes.com/the-importance-of-electronics-in-formula-1/>