

# LOGICAL CABLE - CAD PROSTŘEDEK FIRMY MENTOR GRAPHICS PRO NÁVRH KABELÁŽNÍCH SYSTÉMŮ

Ačkoliv by se to na první pohled nezdálo, jsou základní charakteristické rysy kabelážních systémů v jednotlivých dopravních odvětvích strojírenského průmyslu odlišné :

## Automobilový průmysl:

- velký objem výroby
- malá chyba způsobuje velké škody
- relativně malá složitost kabelážních systémů
- několik set jednotlivých vodičů; 1400 obvodů ve vozidle
- 3 - 8 km kabelového propojení
- intenzivní používání *splices*
- dobře zavedené vztahy mezi dodavateli a odběrateli
- používání různých variant (*variants*) a volitelných modulů (*options*)
- optimalizace váhy a nákladů
- zabraňuje nadbytečnému návrhu
- nákladné konektory
- kabelážní systémy tvoří druhou nejnákladnější část (na prvním místě je motor)

## Letecký průmysl:

- objednávky podle přání zákazníků
- vysoké náklady
- velká složitost kabelážních systémů
- až 80 km kabelového propojení v letadle
- několik tisíc jednotlivých vodičů
- stovky kabelů s mnoha spojovacími místy
- kritické signály
- spolehlivost, citlivost, bezpečnost
- používání víceokruhových systémů
- náročné požadavky na stínění

## Průmysl kolejových vozidel:

- objednávky podle přání zákazníků
- vysoké náklady
- pozdější požadavky zákazníka na změny
- velká složitost kabelážních systémů
- až 80 km kabelového propojení ve vozidle
- 8 - 20 jednotlivých systémů
- více než 100 kg kabeláží
- optimalizace váhy a nákladů
- požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu (EMC)
- požadavky na dlouhodobou podporu (maintenance)

Naopak většinou totožné jsou typické problémy, které se v průběhu návrhového procesu objevují a které jsou návrháři ve výše zmíněných průmyslových odvětvích při své práci nuceni řešit :

⇒ Má být vestavěn určitý kabel, když je využit jen v některých variantách?

⇒ Má být místo toho zaveden jiný svazek?

⇒ Kolik stojí v prvním případě kabel navíc, který je často nevyužitý?

⇒ Kolik stojí v druhém případě použití jiného svazku?

⇒ Jaké jsou náklady, když je třeba z nějakých vnějších příčin přeložit svazek kabelů do jiného prostoru?

⇒ Jaký má být profil vedení, aby se při jeho větší délce zabránilo nepřipustnému úbytku napětí?

⇒ Jak s co největší jistotou odhalit chyby?

Neméně důležitá je i otázka, zda je možné toto všechno zodpovědět dostatečně brzy, t.j. v optimální fázi vývojového cyklu, a tedy s minimálními náklady, které představuje řešení pomocí simulací nebo analýz. Bereme-li v úvahu celý proces vývoje a výroby, včetně spolupráce výrobce s jeho subdodavateli, pak je nutné jej optimálně sladit použitím odpovídajících nástrojů.

## Průběh dosavadních návrhových postupů

Dosavadní a jak jsme měli možnost zjistit, bohužel běžně používané návrhové postupy se skládají z několika postupných, vzájemně přísně oddělených etap:

1. Specifikace systému - popis vstupů do procesu slovním popisem pomocí textových editorů
2. Vytváření funkčního schématu - ručně nebo použitím nástrojů na kreslení schémat
3. Vytváření kabelového výkresu - použitím nástrojů na kreslení schémat nebo nějakého obecného nástroje CAD
4. Výroba kabelážního systému

Taková struktura vývojového procesu se vyznačuje nedostatky, mezi nimiž se jeví jako hlavní potřeba velkého manuálního úsilí, ztráta mnoha času (jedna kritická etapa může způsobit další zdržení), nákladnost, ruční kontrola dat a málo inteligentní nebo žádná společná databáze. Proces bývá tím pádem náchylný k chybám. V jednotlivých návrhových etapách existují obvykle rozporná označení a chybí kompatibilita různých modelů součástí. Mezi jednotlivými etapami návrhového procesu i mezi používanými prostředky většinou chybí potřebná integrace.

#### Charakteristika perspektivního vývojového procesu

Návrháři hledají možnost komplexního řešení problematiky propojovacích systémů. Kabeláž již nelze považovat za pasivní součást vyvíjených systémů, ale naopak za veličinu, která významným způsobem ovlivňuje ostatní prvky v zařízení. Koncepce založená na kreslení schémat se stává nedostatečnou, protože není vhodná pro návrh kabelážních propojovacích systémů a též postrádá dostatečnou inteligenci pro řízení následných procesů. Pro smysluplné provádění simulací a analýz je nezbytný fyzicky přesný propojovací diagram.

#### Návrhový postup s využitím *Logical Cable*

Návrh kabelážních systémů je hierarchický a probíhá ve více úrovních:

- Návrh na úrovni bloků/systému - určuje, co je připojeno k čemu
- Kompletní elektrický návrh - neposkytuje však žádné detailní informace o kabeláži
- Detailní propojovací diagram - je dostatečně podrobný (obsahuje i konkrétní součásti jako splices, stínění, větvení, kabelové konektory), aby podle něj bylo možné sestavit kabelážní systém.

Vytváření návrhu v *Logical Cable* se dá zjednodušeně popsat jako proces rozmísťování knihovních součástí a modelování jejich elektrického propojení propojováním vodičů a kabelů mezi nimi. Ve skutečnosti však každý objekt může představovat část, jejíž přesná specifikace se vytváří až v průběhu návrhového procesu pomocí symbolů a knihovních vstupů. Návrhářům jsou k dispozici funkce pro trasování (či zviditelňování) signálů a kontrola návrhových pravidel (*DRC*), která zahrnuje verifikaci neodpovídajících definic drátů a kabelů, nezapojených vývodů a dalších chybějících parametrů.

*Logical Cable* umožňuje simultánní přístup do knihovny součástí, čímž podporuje jak návrháře tak i správce knihoven. V prostředí knihoven může jejich správce modifikovat knihovní součástky a řídit přístup návrhářů těmto změnám. V návrhovém prostředí může návrhář ovládat svůj individuální přístup ke změnám v knihovnách tím, že zvolí vhodný okamžik pro update nových verzí knihoven. Tato vlastnost, kdy *Logical Cable* umožňuje souběžnou práci návrhářů i správce knihoven, znamená velkou přizpůsobivost *Logical Cable* různým návrhovým postupům v různých návrhářských prostředích.

Konečným výsledkem návrhového postupu v *Logical Cable* je propojovací diagram. Údaje v něm obsažené lze použít pro vytváření seznamů propojení, seznamů použitých materiálů a různých dalších zpráv týkajících se kabeláží. Je též možno je exportovat do nástrojů jiných firem pro fyzický návrh kabelážních systémů.

#### Základní vlastnosti *Logical Cable*

*Logical Cable* je inteligentní editor schémat se specifickými návrhovými funkcemi pro návrh kabelážních systémů. Zapojení vytvořená v *Logical Cable* podporují průmyslové standardy IEEE, ISO, ANSI a vojenské standardy.

Modul *Logical Cable* pracuje v grafickém prostředí *Falcon Framework*, které tvoří základ všech automatizovaných návrhových systémů firmy **Mentor Graphics**. *Falcon Framework* integruje nástroje, platformy a správu návrhových dat v jednotném a snadno ovladatelném uživatelském prostředí, takže se návrhář může plně soustředit na vlastní návrh. Základními stavebními kameny *Falcon Framework* jsou:

- *Graphical User Interface (CUI)*. CUI je používán ve většině aplikací **Mentor Graphics**. Podporuje standardy OSF/Motif.
- *Design Manager*. Aplikace, která umožňuje prohlížení a správu návrhových dat, jejich kopírování a přesouvání. Lze z ní spouštět návrhové nástroje. Část těchto funkcí je integrována do *Logical Cable*.
- *BOLD/INFORM*. Aplikace s možností online zobrazení dokumentace a nápovědy.
- *Notepad Editor*. Aplikace s textovým editorem v samostatném okně.
- *Decision Support System (DSS)*. Aplikace používaná k vytváření zákaznických aplikací, které mohou zpřístupnit a analyzovat návrhová data a řídit návrhové procesy.
- *AMPLE*. Výkonný programovací jazyk založený na jazyku C. Používá se pro úpravu a rozšíření funkcí různých návrhových nástrojů.

#### *Logical Cable* obsahuje 4 hlavní nástroje:

- A) *Symbol Editor* pro vytváření symbolů
- B) *Logical Cable Editor* pro vytváření propojovacích návrhů
- C) *CLS* pro tvorbu a údržbu knihoven, řízení přístupu k nim a jejich používání

D) *Variants/Options* pro vytváření různých konfigurací výrobku

#### **ad A) a B) Základní součásti propojovacího diagramu**

Propojovací diagram může obsahovat mnoho objektů známých z tradičních schémat. Charakteristické pro propojovací diagram však je používání malé podmnožiny těchto objektů, jako jsou součástky a dráty, a navíc mnoho objektů specifických pro propojovací schémata nebo diagramy kabelážních systémů.

Propojovací diagram může obsahovat tyto součásti:

- Součástky (*Symbol instances*). Obecně mohou součástky reprezentovat cokoli, od jednoduché logické funkce až po složité subsystémy (např. letecký přístroj, rozvaděč, apod.). Pro vytváření knihovnic prvků součástek se používá *Symbol Editor*.
- Parametrizované prvky (*Instances-in-place*). Parametrizované prvky nemají přiřazeno žádné funkční schéma. Jsou vytvářeny až návrhářem, který nemá k dispozici potřebnou knihovnicí součástku. Příkladem může být parametrizovaný konektor.
- Dráty (*Wires*). Dráty jsou propojení mezi dvěma vývody součástek v propojovacím diagramu. Dráty mohou být charakterizovány vlastnostmi jako rozměr, typ, barva nebo rozlišovací kód.
- Kabely (*Cables*). Kabely jsou skupiny drátů. Mohou být i hierarchické, tj. mohou obsahovat i jiné kabely. Kabely mohou být buď stíněné nebo nestíněné. Indikátory kabelů jsou inteligentní, což znamená, že se zvětšují nebo zmenšují podle toho, jsou-li dráty (kabely) přidávány nebo odebírány.
- Konektory (*Connectors*). Konektory jsou symboly reprezentující fyzické konektory používané v nástrojích pro mechanický CAD, které umožňují jejich snadné spojení s elektrickými součástkami. Je-li pak s nějakou součástkou pohnuto (nebo je vymazána), pohybuje se (nebo vymaže se) konektor spolu s ní. Existují dva typy konektorů:
  - parametrizované konektory - lze je operativně vytvářet při návrhu. Uživatel může specifikovat parametry jako počet vývodů, jejich vzdálenost, jméno a umístění, velikost a typ konektoru (vidlice, zásuvka, atd.)
  - knihovnicí konektory - jsou přístupné jako součásti knihovny.
- *Splices*. *Splices* jsou symboly umožňující propojení tří nebo čtyř drátů. Větvení drátů je v *Logical Cable* zakázané, protože každý drát může mít fyzicky pouze dva konce.
- Vícenásobná větvení (*Multi-terminators*). *Multi-terminators* jsou symboly umožňující připojení více drátů k jednomu vývodu součástky, což bez jejich použití není v *Logical Cable* korektní.
- Vlastnosti (*Properties*). *Property* je atribut připojený k libovolnému objektu v propojovacím diagramu, přičemž každé jeho jméno je spojeno s nějakou hodnotou. Jméno *property* a jeho hodnota jsou pevně svázané s objektem na pracovní ploše a poskytují tak o něm více informací, které nelze vyjádřit graficky.
- Textové a grafické komentáře (*Comment Text and Graphics*). Poskytují snadno pochopitelné informace. Pro samotný návrh však nemají žádný funkční význam.

Výrobní dokumentace zahrnuje informace o všech součástech propojovacího diagramu. Tyto informace jsou obsaženy v seznamu drátů (*wire list*), seznamu použitých součástek (*BOM - Bill of Materials*) a zprávě o kabelech (*cable report*). Všechny tyto informace lze zobrazovat v libovolném formátu (tzv. flexibilní formátování), který uživatel požaduje, v souladu se standardy používanými ve firmě.

#### **ad C) Knihovnicí Cable Library System (CLS)**

*CLS* poskytuje výkonnou a spolehlivou podporu knihoven návrhářům, kteří používají *Logical Cable Editor*. *CLS* je vysoce interaktivní nástroj s grafickými rozhraními pro specifikaci a uložení knihovnic dat. Zajišťuje konzistentní vytváření knihovnic součástek. Návrhářům zajišťuje přístup k aktualizovaným knihovnicím součástkám.

*CLS* je přístupný v *Symbol Editoru* a *Logical Cable Editoru*. Tyto různé kontexty odrážejí skutečnost, že *CLS* má dva odlišné typy uživatelů a má proto vytvořeny dva různé typy funkcí:

- V *Symbol Editoru* poskytuje *CLS* prostředí pro definování knihovnic součástek, správu dat o těchto součástkách a ovládání jejich přístupu a používání, včetně vytváření menu a palet. Knihovnicí součástky jsou obvykle blíže určeny dříve než jsou přístupné návrhářům. Uživatel *CLS* v *Symbol Editoru* se nazývá knihovnicí (*librarian*).
- V *Logical Cable Editoru* *CLS* podporuje vytváření propojovacích návrhů. S pomocí selektoru součástek a jiných speciálních vlastností poskytuje přístup k předdefinovaným knihovnicím součástkám *CLS*. Tyto vlastnosti urychlují vytváření návrhů drátů a zajišťují používání předem schválených součástek. Uživatel *CLS* v *Logical Cable Editoru* se nazývá návrhář (*harness designer*).

Knihovna *CLS* může obsahovat i tzv. složené součástky (*Composite Parts*). Nazývají se tak proto, že mohou být složeny z libovolného počtu různých součástek a tvoří tak jeden celek. Jednotlivé součástky mohou být konektory, součástky, dráty, kabely, multi-terminátory a *splices*, přičemž každá z nich má své číslo. Složené součástky umožňují návrhářům reprezentovat v propojovacím diagramu složitější celky jako jeden objekt. Je to analogické se složitějšími fyzickými součástkami, které také v sobě obsahují jednodušší součástky.

#### **ad D) Varianty (Variants) a volitelné moduly (Options)**

Varianty a volitelné moduly jsou pojmy používané k definování konfigurací výrobků pro různé trhy.

Varianty znamenají odchylky od standardních specifikací výrobku. Například automobil vyrobený pro trh v Kalifornii musí být vybaven zařízením pro omezení emisí. V jiných státech USA ale toto vybavení není nutné. Zařízení pro omezení emisí je tedy *varianta* standardního automobilu vyrobeného pro USA. *Volitelné moduly* jsou takové části automobilu, které si zákazník může zvolit, ale nemusí, např. klimatizace, rádio, ABS nebo airbag.

Varianty a volitelné moduly jsou navzájem nezávislé koncepty, jeden neovlivňuje druhý a naopak. Varianta vyrobená pro určitý automobilový trh může obsahovat libovolnou kombinaci volitelných modulů dostupných pro daný model automobilu.

#### Integrace *Logical Cable* s mechanickými nástroji CAD

*Logical Cable* spolupracuje s nejdůležitějšími mechanickými CAD nástroji, s nimiž vytváří jednotnou elektrickou a mechanickou databázi, která je pevně svázána s celým komplexem kabelážních návrhů. Jsou to:

- ◆ CATIA (Dassault Systemes)
- ◆ Pro/ENGINEER, resp. Pro/CABLING (Parametric Technology Corporation)
- ◆ I-DEAS Harness Design (Structural Dynamics Research Corporation)
- ◆ Unigraphics Harness (EDS)
- ◆ *MCable* (**Mentor Graphics**)

Integrace mezi těmito nástroji vytváří prostředí, které zajišťuje volný tok informací mezi koncepčním propojovacím návrhem, fyzikálním rozmístěním a analýzou, celkovou dokumentací a konečnou realizací návrhu. To vše v minimálním možném čase.

*Logical Cable* mechanickým CAD nástrojům poskytuje údaje o elektrickém propojení. Naopak zpětně od nich dostává vypočtené informace o délkách drátů. (Např., jsou-li vymazány dráty ve schématu, přepočítají se průměry odpovídajících drátů a znovu se generuje výrobní dokumentace.) Toto obousměrné propojení je umožněno existencí sdílené jednotné databáze.

#### Návrhové prostředí **Mentor Graphics**

Velkou výhodou *Logical Cable* je i jeho integrace s jinými nástroji firmy **Mentor Graphics** pro elektronický návrh a analýzu, vytváření logických modelů, simulaci, analýzu, přeslechy, EMC, syntézu a jiné. Příkladem mohou být např. programové moduly pro návrh plošných spojů (*Board Station*) nebo nástroj pro návrh programovatelných logických součástek (*Packaged Power*).

#### Hardware

Hlavní hardwarové platformy, které **Mentor Graphics** podporuje, jsou pracovní stanice se systémem UNIX Sun Sparc (operační systém Solaris 1.x/2.x), DEC Alpha (Digital UNIX), Hewlett-Packard (HP-UX) a IBM RISC (AIX). V poslední době jsou všechny hlavní produkty **Mentor Graphics** převáděny i na platformu PC s operačním systémem Windows NT.