

Měření zpoždění doby průchodu signálu v přenosové trase pro synchronizační účely

Pavel Broulím

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

broulimp@kae.zcu.cz

Propagation Delay Measurement of a Transmission Line for Synchronization Purposes

Abstract – The paper describes our solution for synchronization purposes of several devices based on propagation delay measurement with high resolution. The measurement set-up is shown and explained. The measuring device in the set-up is a time-to-digital converter (TDC). The TDC is designed according to idea of propagation delay measurement, but it also provides common timestamp measurement. The results of the measurements are shown and they are discussed.

Keywords – Propagation delay; Synchronization; TDC; Timestamp.

I. ÚVOD

Synchronizace událostí z několika míst, z několika zařízení atd. se stává velmi aktuálním problémem se zvyšujícím nárokem na používané přenosové rychlosti nebo v aplikacích generující časové značky. Proto je nutné tuto synchronizaci řešit s patřičným rozlišením, které se pohybuje řádově v jednotkách až desítkách pikosekund. Synchronizace při vzniku časových značek s tímto rozlišením je potřebná v dnešní době v experimentech zabývajících se částicovou fyzikou, kde tento požadavek vychází z rychlosti pohybu částic, která je srovnatelná s rychlostí světla.

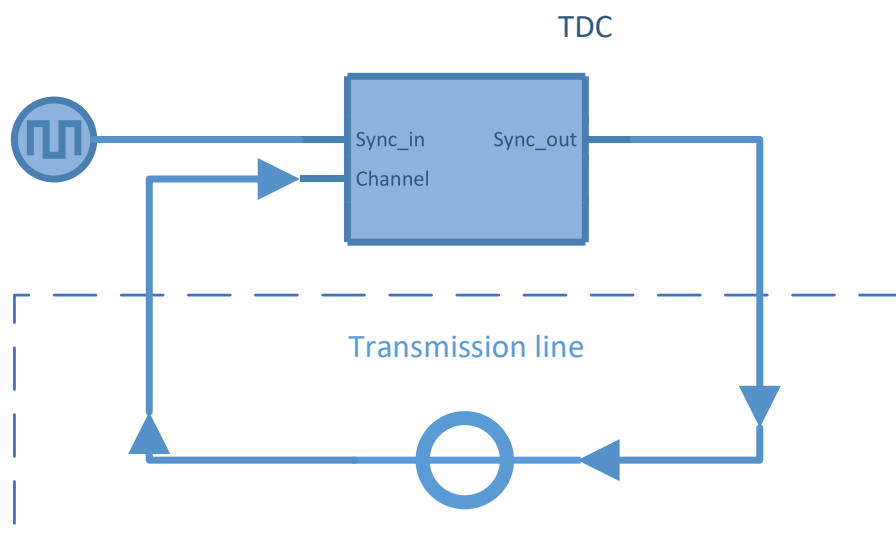
V následující části je vysvětlen popis měřicího uspořádání včetně blokového schéma. Další část se zabývá popisem vlastního TDC. Poté jsou ukázána některá naměřená data a následuje shrnutí v závěru.

II. MĚŘICÍ USPOŘADÁNÍ

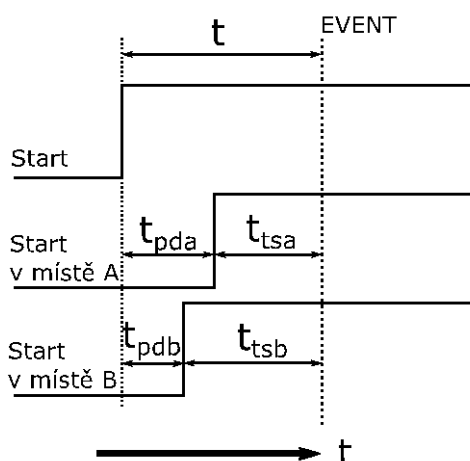
Pro synchronizační účely je nutné znát dobu šíření signálu v přenosové trase, která je použita pro daný signál. Tato trasa může být pouze samostatná cesta tvořená propojovacím kabelem, ale i sestávat se z různých zařízení a propojovacích cest. Doba zpoždění je následně měřena zařízením Time-to-Digital Converter (TDC). Měřicí uspořádání je znázorněno na Obrázku I.

Při tomto uspořádání systém měří trasu, která je vložena mezi synchronizační vstup a měřicí vstup TDC. Při měření pro synchronizační účely toto zapojení nejde použít v přímé formě, ale musí zde být vloženo vlastní zařízení, které měří časové relace v daném místě, a celá trasa se dále sestává ze spojení do zařízení a ze zařízení. Tyto spojení by měly být zvoleny stejně dlouhé, výsledná doba zpoždění bude dvojnásobná. Reálná doba zpoždění do daného zařízení, která je nutná pro synchronizaci, je z tohoto důvodu poloviční. Časová závislost příchodu signálu do různých míst se vznikem

časové událost je znázorněna na Obrázku II pro dvě různá zařízení, kde doba zpoždění je označena t_{pda} (místo A) a t_{pdb} (místo B). Tento princip je popsán v [1].



Obrázek I. Měřicí uspořádání



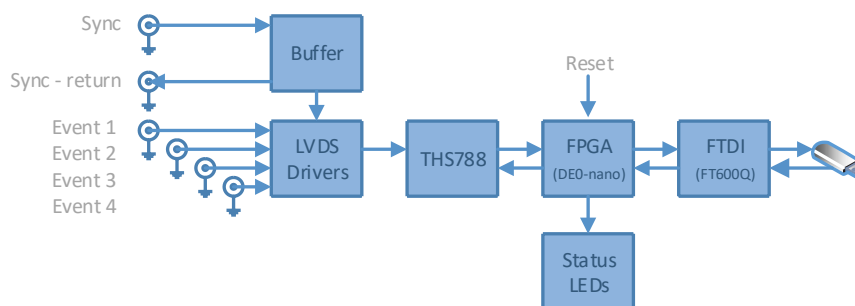
Obrázek II. Časové závislosti

III. TIME-TO-DIGITAL CONVERTER

TDC zařízení lze přirovnat k činnosti stopky. Cílem je změřit časový interval mezi událostmi. Navržené TDC je založeno na čipu THS788 od společnosti Texas instruments. Hlavními parametry tohoto čipu jsou:

- rozlišení nejméně významného bitu (LSB) je 13ps,
- 1 synchronizační vstup (Sync) a 4 měřící kanálové vstupy (Event),
- maximální rozsah doby měření je až do 7s.

Další parametry a vlastnosti jsou popsány v [2]. Na následujícím obrázku je blokové schéma TDC zařízení, které vychází z původního návrhu uvedeného v [2]. Hlavní změna spočívá v přidání výstupního synchronizačního kanálu, který je vhodný pro synchronizační účely zmíněné v předchozí kapitole (měření zpoždění přenosové trasy).

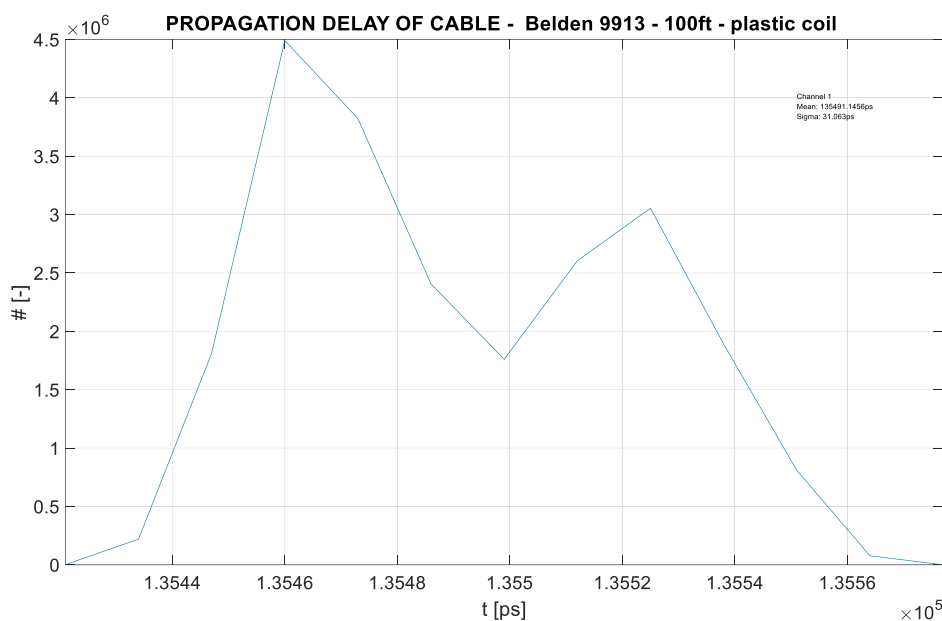


Obrázek III. Blokové schéma navrženého TDC

Další změna oproti předchozímu řešení spočívá ve změně komunikačního rozhraní na USB3.0. Tato komunikace je založena na FTDI čipu FT600Q, který svojí datovou propustností umožňuje využít až 1Gbps přenosové rychlosti ze zařízení. Tímto je možné dosáhnout kontinuálního tzv. hit rate až 1,5Mhit za sekundu.

IV. UKÁZKA NAMĚŘENÝCH DAT

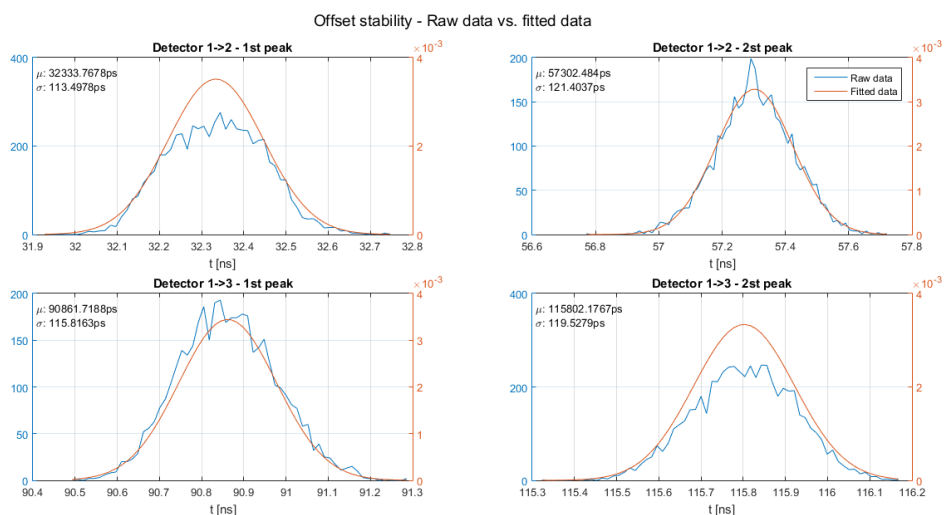
Pro jedno z měření byla zvolena nejjednodušší varianta zapojení, kdy v rámci přenosové trasy je použit pouze kabel. Jako přenosové trasa byl zvolen koaxiální kabel Belden 9913 o délce přibližně 30m. Zapojení vychází z uspořádání na Obrázku I.



Obrázek IV. Zpoždění signálu průchodem přenosové trasy

Na Obrázku IV je histogram z naměřených dat pro koaxiální kabel Belden 9913 o délce přibližně 30m (100ft), střední hodnota naměřených dat je 135491,145ps se směrodatnou odchylkou 31ps.

Jako další měření je na ukázkou zvoleno konkrétní měření zaměřené na teleskop sestavený z 3 pixelových částicových detektorů, kde je potřeba synchronizovat tyto detektory. Výsledný histogram je na Obrázku V, kde každý histogram obsahuje naměřená data a jejich proložení distribuční funkcí normálního rozdělení. Naměřené hodnoty jsou poté použity pro offline korekci dat z pixelových detektorů.



Obrázek V. Ukázka dat pro synchronizaci teleskopu

V. ZÁVĚR

V článku je uvedeno měření zpoždění přenosové trasy, které je součástí systému pro synchronizační účely. K tomuto měření je využito TDC zařízení, které je uzpůsobeno svým návrhem tak, aby umožnilo průchod signálu dále do dalších zařízení nebo do sebe samotného. Zařízení umožňuje získat časové údaje s rozlišením 13ps. TDC zařízení může být dále využito pro získání časových značek pro zjištění relací mezi různými signály, které je potřeba synchronizovat, anebo při využití více TDC zařízení pro měření několika přenosových tras. Kombinací obojího lze dosáhnout systému pro získání časových relací mezi signály na několika místech, které umožní vzájemnou synchronizaci vůči jedné referenční události při postihnutí jak doby šíření signálů v přenosových cestách, tak vzájemné rozdíly v konkrétním místě.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] BROULÍM, P. Synchronizace časových událostí s velmi vysokým rozlišením. In *Elektrotechnika a informatika 2016. Elektrotechnika, elektronika, elektroenergetika*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. s. 101-104. ISBN: 978-80-261-0516-9
- [2] BROULÍM, P. Read-out control system for high resolution time-to-digital converter. In *8th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT 2016) : proceedings*. Piscataway: IEEE, 2016. s. 298-303. ISBN: 978-1-4673-8818-4, ISSN: 2157-023X