

2011

ROČNÍK 2

ČÍSLO 4

LOGOS POLYTECHNIKOS

V Š P

J

Vysoká škola
polytechnická
Jihlava

Vážení čtenáři,

žijeme v době, kdy technologie nekompromisně zasahují do našich životů a zásadně se podílejí na definici životního stylu moderní společnosti. Bouřlivý vývoj v aplikovaných oblastech elektrotechniky, umocněný nástupem výpočetní techniky a rozvojem informatiky jako vědního oboru, stále dává prostor obrovskému invenčnímu potenciálu, jehož projevem je i nepřeborné množství odborných periodik, které se věnují těmto oblastem lidského bádání a vědění.

Tím více nás těší, že i náš časopis, LOGOS POLYTECHNIKOS, může nabídnout odborné články z těchto progresivních oborů. LOGOS POLYTECHNIKOS vychází již druhým rokem na Vysoké škole polytechnické Jihlava a každé jeho číslo je tematicky zaměřeno na určité obory, které na naší škole rozvíjíme. Právě toto poslední číslo 2. ročníku je věnováno zejména našim technickým oborům, tedy elektrotechnice a aplikované informatice. Kromě toho zde však naleznete také zajímavé příspěvky z oborů matematických a ekonomických.

LOGOS POLYTECHNIKOS je mladým časopisem. Věříme však, že si pozvolna získává své místo mezi tuzemskými odbornými periodiky – dobrým znamením je pro nás fakt, že práce publikované v našem časopise pocházejí nejenom z per akademických pracovníků naší alma mater, nýbrž i externích odborníků. Ke kvalitě publikovaných článků jistě přispívají i pečlivé recenze, jejichž autorům bychom touto cestou rádi poděkovali.

Přeji Vám, milí čtenáři, mnoho zajímavých poznatků získaných při pročítání našeho časopisu a přidávám přání zdárného vykročení do roku 2012.

Ing. Michal Vopálenský, Ph.D.
vedoucí katedry elektrotechniky a informatiky
Vysoká škola polytechnická Jihlava

TOMÁŠ DOSTÁL, ROMAN ŠOTNER

Funkční blok s více výstupy vhodný pro aplikace v proudovém módu..... 3

ZBYNĚK BUREŠ

**Výpočetní model vnitřního ucha podle Zhanga a kol.: vlastnosti
a použitelnost..... 17**

DAVID MATOUŠEK

Nábojové pumpy 30

BOHUMIL BRTNÍK

K odstranění slepé doby digitálních osciloskopů 41

FRANTIŠEK SMRČKA

Manažerské rozhodování v marketingu 51

MARIE SLABÁ, VENDULA SIMOTOVÁ

Analýza stakeholderů malých a středních podniků 65

ROMAN FIALA, JANA BORŮVKOVÁ

Organizační kultura a výkonnost podniku..... 76

FITIM DEARI, JIŘÍ STROUHAL

Certification of Professional Accountants in Kosovo 86

PAVEL ROUSEK, MARTIN MARŠÍK

Úředníky vnímaná konkurence při poskytování veřejných služeb..... 97

MILOŠ KAŇKA

Geometry of One Special Type of Surfaces in R^3 103

Funkční blok s více výstupy vhodný pro aplikace v proudovém módu

Tomáš Dostál

Vysoká škola polytechnická Jihlava

Roman Šotner

Vysoké učení technické v Brně

Abstrakt

V článku je uveden perspektivní aktivní blok – transkonduktor s jedním napětovým vstupem a s více proudovými výstupy OTA-SIMO. Tento blok je vhodný pro různé aplikace v analogových systémech, především v proudovém módu a pro přímou syntézu struktur s více smyčkami zpětné vazby. Prezentováno je jeho vnitřní zapojení. Rozebrány jsou jeho vlastnosti a parametry, zjištěné simulacemi na tranzistorové úrovni s technologickými modely použitých unipolárních tranzistorů. Navržený blok je aplikován v elektronicky laditelném multifunkčním filtru, pracujícím v proudovém módu. Vlastnosti tohoto filtru jsou ověřeny simulacemi na počítači, s užitím programů SNAP a PSpice.

Klíčová slova

Analogové obvody, obvody v proudovém módu, aktivní filtry, transkonduktory s více výstupy.

Úvod

Obvody pracující v proudovém módu (CM) [1] našly již uplatnění v celé řadě různých elektronických aplikací. Jejich výhodnost je především ve větší dynamice a vyšším kmitočtovém rozsahu zpracovávaných signálů, v možné činnosti při velmi malých napájecích stejnosměrných napětích a také v jednoduchosti navrhovaných struktur. Na rozdíl od standardního napětového módu (VM) se zde totiž velice jednoduše realizuje sumace proudů, a to prostým uzlem, kde platí 1. Kirchhoffův zákon. K sumaci napětí u VM potřebujeme složitější aktivní sumační obvody.

Na druhé straně, v určitých CM strukturách (např. IFLF) je třeba jistý proud rozvést (distribuat) do více větví. K obvodové realizaci pak potřebujeme bloky, které nazveme *proudovými distributory* [2]. Jde o proudový sledovač s jedním vstupem a více výstupy **CF-SIMO** (current follower single input multiple output) a to i s inverzí fáze na některých výstupech. Takový funkční blok sestává z několika proudových zrcadel, doposud se však komerčně nevyrábí.

Výhodnější cestou však je, aby veškeré použité aktivní prvky měly více proudových výstupů, tedy byly typu **MO** (multiple output). Tento trend zatím výrobci nerespektovali. Výjimkou jsou dostupné bloky se dvěma proudovými výstupy s opačnou fází, tedy se symetrickým výstupem **BO** (balance output), čehož příkladem je MAX 435 [3]. Pro řadu obvodových struktur je však zapotřebí více proudových výstupních bran, minimálně tři či čtyři. Protože takovéto funkční bloky zatím k dispozici nejsou, je třeba vyvíjet bloky nové, nejlépe přímo na tranzistorové úrovni. Tato cesta je vhodnější, než se snažit o jejich náhradní realizaci s bloky současně dostupnými [4]. V tomto článku se zaměříme na jedny z nejvhodnějších funkčních bloků pro CM, a to na *transkonduktory*.

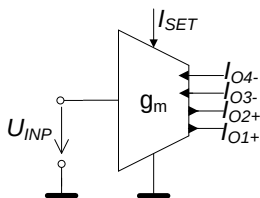
Transkonduktor OTA-SIMO

Transkonduktor neboli transadmitanční zesilovač **OTA** (Operational Transconductance Amplifier) [4], [5] je v principu napětím řízený zdroj proudu, který realizuje vztah

$$I_{OUT} = (\pm) g_m U_{INP} , \quad (1)$$

kde g_m je *transkonduktance*. Ta dle typu OTA má hodnotu řádově od jednotek μS do několika desítek mS. U některých OTA lze hodnotu g_m nastavovat externím řídicím proudem I_{SET} (obr. 1). Nejrozšířenější komerčně dostupný transkonduktor je s *diferenčním vstupem* (obdobně jako klasický OA) a nesymetrickým proudovým výstupem, který můžeme označit **OTA-DISO** (differential input single output). Pro tento blok je ve vztahu (1) řídicí napětí U_{INP} dáno rozdílem dvou vstupních napětí. Většinou jsou OTA realizovány ve formě integrovaných obvodů (IO), bipolární nebo unipolární technologii. Bipolární technologie převládá u komerčně dostupných OTA. Jako příklad lze uvést integrované obvody LT 1228 [6] nebo OPA 860 [7]. Unipolární technologie se používá převážně u zákaznických IO.

Se stavebními prvky OTA-DISO byla v nedávné době publikována řada zapojení, pracující v obou módech VM i CM, viz např. [8] až [10]. Ve zpětnovazebních strukturách v CM je však vhodnější typ OTA s *jednoduchým napětěvým vstupem a s více proudovými výstupy*, tedy **OTA-SIMO**. Ten není v současnosti komerčně nabízen. Musíme si jej proto navrhout jako zákaznický funkční blok, na tranzistorové úrovni. Poznamenejme, že diferenční vstup, tedy OTA-DIMO je také možný, ale v našich aplikacích v CM jej nevyužijeme, uzemníme bychom jej. Pro syntézu uvažovaných struktur v CM je však podstatné mít k dispozici co nejvíce proudových výstupů. Na druhé straně připustíme, že diferenční napětěvý vstup je užitečný pro možné aplikace v klasickém VM.

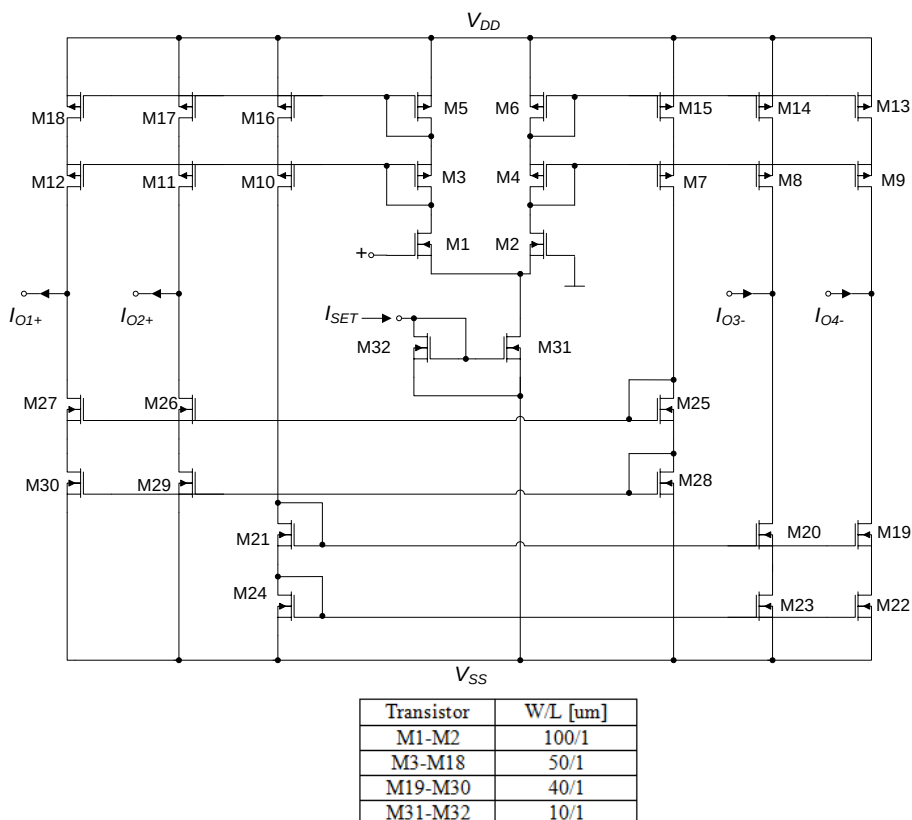


Obr. 1. Navrhovaný blok OTA-SIMO.

Ve vnitřní struktuře se OTA-SIMO skládá z diferenčního páru tranzistorů a soustavy proudových zrcadel. Počet těchto zrcadel lze teoreticky upravit tak, aby byl k dispozici potřebný počet výstupů. V praxi je to samozřejmě technologicky omezeno (omezuje to především souběhové a systematické offsety, stejnosměrná nepřesnost, parazitní kapacity atd.). V drtivé většině aplikací si vystačíme s menším počtem výstupů (se třemi či čtyřmi), proto navrhovaný blok OTA-SIMO na obr. 1 má čtyři proudové výstupy, z nichž dva mají proudy s opačnou fází. Jeho ideální činnost lze tedy popsat následujícími vztahy

$$I_{O1} = I_{O2} = -I_{O3} = -I_{O4} = g_m U_{INP} , \quad (2) \quad Z_{inp} = Z_{out} = \infty . \quad (3)$$

Na obr. 2 je vnitřní zapojení tohoto bloku OTA-SIMO (obr. 1). Použita byla unipolární technologie MOS, osvědčená pro zákaznické IO, obdobná jakou zvolili autoři v [11]. Poznamenejme, že tato technologie je vhodná pro návrh jak analogových tak i digitálních IO. Uplatňuje se zde snaha po snížení napájecího napětí U_{CC} . Konkrétně zde byla zvolena v současnosti běžná hodnota $U_{CC} = 5 \text{ V}$ (nebo-li $\pm 2,5 \text{ V}$). Pro vlastní návrh byla použita technologie AMIS C5 $0,5 \mu\text{m}$ Mixed-Mode, volně dostupná na internetu [12]. Tam je také možné získat vhodné modely pro dokonalejší mikroelektronické simulační programy nebo pro uskutečnění testů v obvodovém simulátoru PSpice (OrCAD).



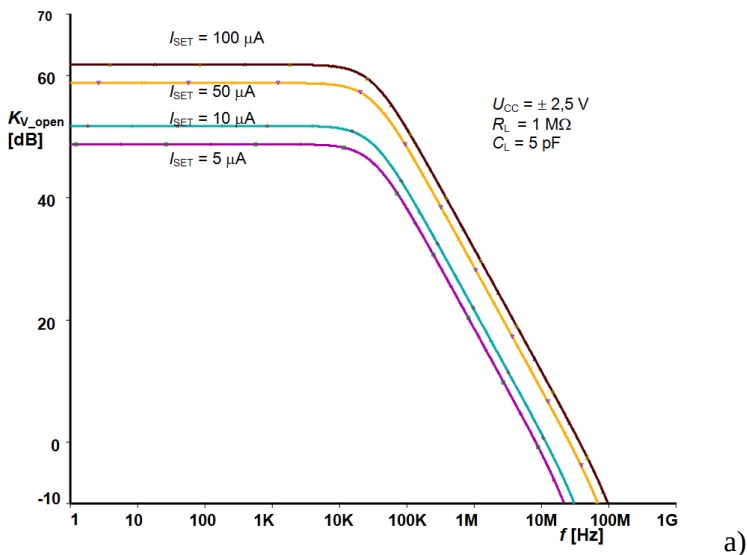
Obr. 2. Vnitřní struktura bloku OTA-SIMO.

Uvedené zapojení OTA-SIMO (obr. 2) je standardní, provedené dostupnou technologií. Podobných zapojení avšak s menším počtem bran bylo v minulosti publikováno několik, např. [10], [11] a [16]. Naším cílem nebylo získat nový OTA s parametry lepšími, než mají současně dostupné OTA-DISO (ten je lepší pro VM), ale blok vhodnější pro syntézu struktur v CM s více smyčkami ZV. Tento blok nám poslouží jako vhodný nástroj k získání a ověření nových aplikací, jak bude uvedeno dále.

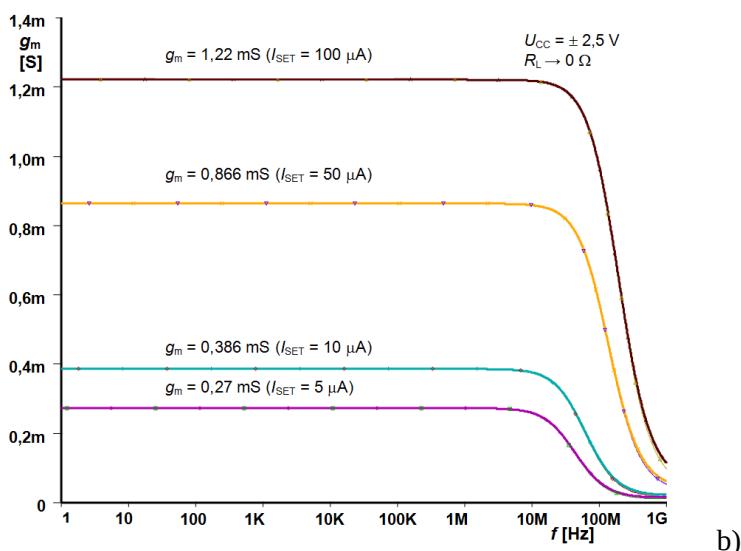
Na obr. 3a jsou kmitočtové charakteristiky přenosu napětí (K_v) tohoto bloku (obr. 2), blížíci se stavu naprázdno (zátěž $R_L = 1 \text{ M}\Omega$). Jejich tvar je určen výstupní impedancí, v našem případě výstupním odporem ($R_L \approx 1 \text{ M}\Omega$) a parazitní kapacitou ($C_L \approx 5 \text{ pF}$). Kmitočet lomu je kolem 32 kHz. Tranzitní kmitočet ($K_U = 0 \text{ dB}$) se liší dle řídicího proudu, pro $I_{SET} = 100 \text{ }\mu\text{A}$ je asi 26 MHz, pro $I_{SET} = 500 \text{ }\mu\text{A}$ je to již 60 MHz (obr. 3a).

Na obr. 3b je pak zobrazena kmitočtová závislost základního parametru bloku - transkonduktance (g_m) a to při výstupu nakrátko. Charakteristiky na obr. 3 byly získány simulacemi v PSpice, a to při změně řídicího proudu I_{SET} , v rozsahu vyznačeném na obrázku. Frekvenční závislost samotné g_m je jiná než K_v , dominantní pól je posunut na podstatně vyšší kmitočet. Uvažujeme-li pouze tento pól, lze změnu transkonduktance aproximovat vztahem

$$g(s) = \frac{g_m}{1 + s\tau_g} . \quad (4)$$

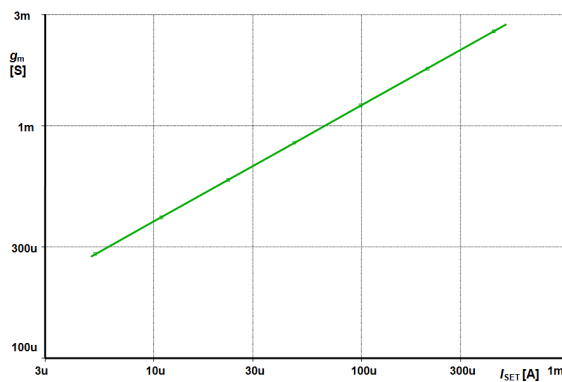


a)



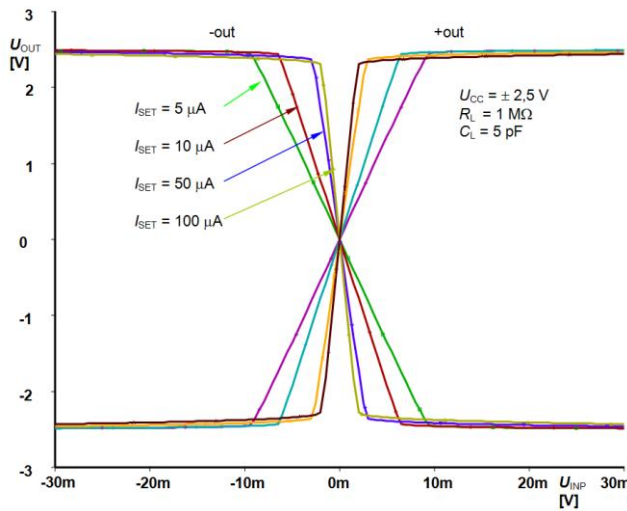
Obr. 3. Závislost parametrů bloku OTA-SIMO na kmitočtu.
a) přenosu napětí, b) transkonduktance.

Na obr. 4 je závislost hodnoty transkonduktance g_m na řídicím proudu I_{SET} . Dokumentuje možnost využít tohoto bloku pro elektronické řízení a nastavování parametrů, v různých obvodových aplikacích, například ve filtrech. Transkonduktance se mění téměř lineárně v rozsahu asi 270 μ S až 2,7 mS, a to při změně řídicího proudu v rozsahu 5 μ A až 500 μ A.



Obr. 4. Závislost transkonduktance na řídicím proudu $g_m = f(I_{SET})$.

Pracovní charakteristiky (vstup-výstup) jsou uvedeny na obr. 5. Udávají simulovanou závislost výstupního napětí na vstupním $U_{OUT} = f(U_{INP})$, při zátěži $R_L = 1 \text{ M}\Omega$ a opět při změně proudu I_{SET} v rozsahu 1 – 100 μ A. Na obr. 5 je zřejmý stejnosměrný offset (řádově desítiny V). Tuto hodnotu se podařilo výrazně snížit modifikací zapojení do kaskádované verze. Ta však obsahuje téměř dvakrát více tranzistorů. Z obr. 5 je také patrné, že lineární napěťový rozsah je jen několik desítek mV, což je typické i pro klasické napěťové operační zesilovače bez zpětné vazby.



Obr. 5. Pracovní charakteristiky $U_{OUT} = f(U_{INP})$ bloku OTA-SIMO.

Základní aplikace transkonduktoru OTA-SIMO

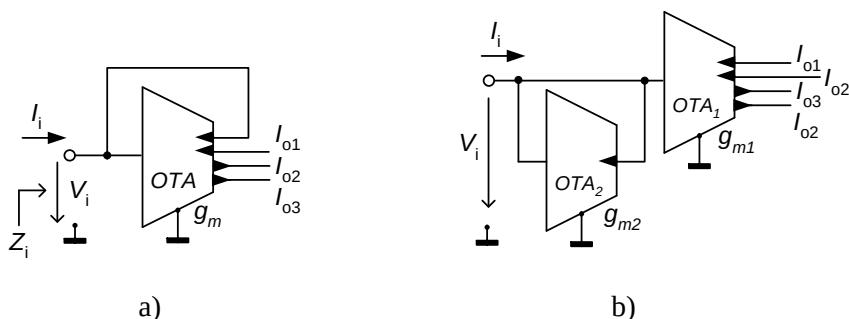
Pro realizaci složitějších obvodů v CM můžeme použít stavební bloky s OTA-SIMO, uvedené na obr. 6. V první řadě je to *proudový distributor* (obr. 6a), který realizuje tři repliky I_o vstupního proudu I_i , z nichž jedna (I_{o1}) má opačnou fázi. Potřebujeme-li více replik, musíme obvod doplnit dalšími proudovými zrcadly. Přenos proudu distributoru je

$$K_i = \frac{I_o}{I_i} = 1. \quad (5)$$

Pro menší hodnotu přenosu lze na vstup transkonduktoru zapojit rezistor (s vodivostí G) nebo jeho simulaci s dalším OTA. Získáváme *proudový attenuátor s distribucí*, jehož přenos je dán vztahem

$$K_i = \frac{g_m}{g_m + G} < 1. \quad (6)$$

Poznamenejme, že vstupní impedance tohoto bloku je $Z_i = 1/g_m$ a obvod (obr. 6a) na vstupní bráně může simulovat zemněný rezistor. Poznamenejme, že pro simulaci plovoucího rezistoru bychom potřebovali dva bloky OTA.



Obr. 6. Základní stavební bloky s OTA-SIMO.
a) Proudový distributor, b) proudový zesilovač s distribucí.

Na obr. 6b je uveden *proudový zesilovač* se čtyřmi výstupy a přenosem

$$K_i = \frac{I_o}{I_i} = (\pm) \frac{g_{m1}}{g_{m2}} . \quad (7)$$

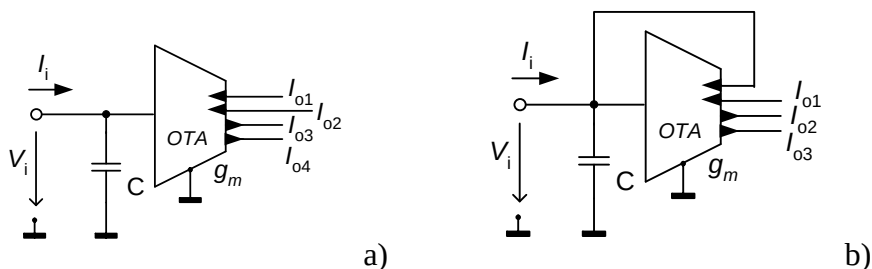
Tento obvod (obr. 6b) může být použit jako vážený proudový distributor nebo jako násobička konstantou s distribucí.

Základní stavební blok pro filtry v CM je *proudový integrátor* se současnou distribucí proudů. Na obr. 7 jsou dvě zapojení s OTA-SIMO. *Ideální* proudový integrátor s distribucí na obr. 7a má přenos proudu dán jednoduchým vztahem

$$K_i(s) = \frac{I_o}{I_i} = (\pm) \frac{g_m}{sC} = (\pm) \frac{1}{s\tau} , \quad (8)$$

kde časová konstanta $\tau = g_m^{-1}C$. *Ztrátový* proudový integrátor s distribucí na obr. 7b má přenosovou funkci

$$K_i(s) = (\pm) \frac{g_m}{g_m + sC} = (\pm) \frac{1}{1 + s\tau} , \quad (9)$$



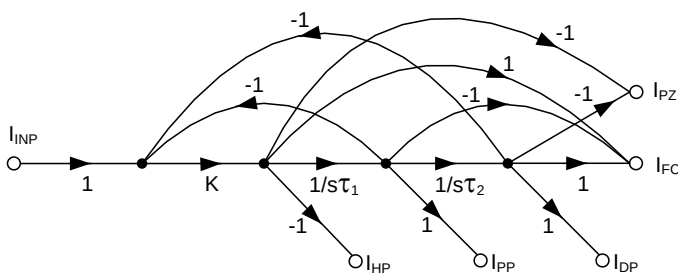
Obr. 7. Proudové integrátory s distribucí proudů.
a) Ideální integrátor, b) ztrátový integrátor.

Multifunkční filtr 2. řádu s nastavitelnými parametry

Uvedený blok OTA-SIMO je velmi vhodný k syntéze struktur v CM, obsahující integrátory a více smyček zpětné vazby (ZV) [2]. Jmenovitě k přímé syntéze zadané přenosové funkce n -tého řádu [2], k realizaci fázovacích článků [13] a také i k realizaci univerzálních multifunkčních aktivních filtrů 2. řádu (tzv. bikvadů) [14].

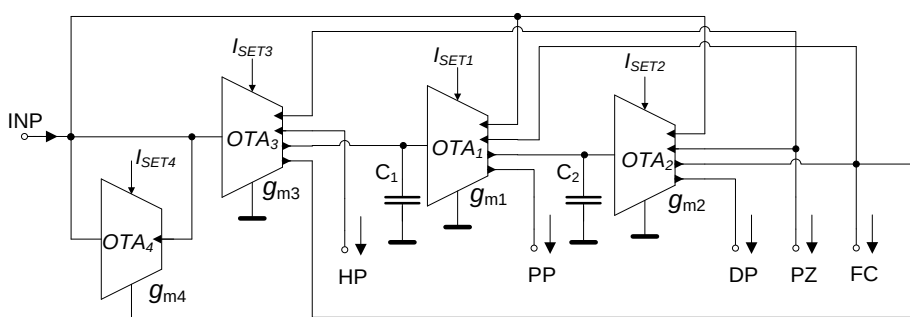
K syntéze těchto obvodů využijeme výhodné modelování formou grafů signálových toků, jak bylo podrobně ukázáno ve [14]. Mimo jiné tam byl touto metodou navržen multifunkční, elektronicky laditelný, bikvad, pracující ve VM a realizovaný s proudovými konvejory CCII(-). Nyní si zde ukážeme obdobný multifunkční bikvad, s nastavitelnými parametry, pracující v CM a realizovaný pomocí bloků OTA-SIMO.

Navrhované zapojení vychází ze ZV struktury [14] se dvěma integrátory v kaskádě [15] a sumací dvou ZV signálů na vstupu. To je totiž pro CM výhodnější, než druhá varianta s distribucí ZV na výstupu [14]. Grafový model takovéto struktury byl uveden v článku [14] (na obr. 6b). Uvedený graf nyní modifikujeme do CM a pro zjednodušení volíme přenosy zpětných větví $F_2 = F_3 = 1$. Základní proudové výstupy (HP, PP a DP) doplníme o další dva (PZ a FC). Takto upravený grafový model je na obr. 8. Obvod současně realizuje (na jednotlivých výstupech) všechny požadované typy přenosových funkcí 2. řádu. Jmenovitě horní propust (HP), pásmovou propust (PP), dolní propust (DP), pásmovou zadrž (PZ) a fázovací článek (FC). Znaménka přenosů větví k jednotlivým výstupům jsme volili i s ohledem na možnosti našeho OTA-SIMO, který má dva invertující a dva neinvertující proudové výstupy.



Obr. 8. Grafový model multifunkčního filtru 2. řádu.

Grafový model (obr. 8) pak realizujeme obvodem na obr. 9, se čtyřmi bloky OTA-SIMO. Základem jsou dva bezetrátové neinvertující proudové integrátory (obr. 7a), tvořené bloky OTA₁ a OTA₂, které realizují větve grafu s přenosy (8). Podobvod OTA₃ a OTA₄ představuje proudový zesilovač s distribucí (obr. 6b) s přenosem K daným vztahem (7) a tvoří obvodovou realizaci vstupní části grafu. Na vstupu tohoto zesilovače dochází k sumaci proudů, tedy k realizaci prvního uzlu grafu. Druhý uzel grafu, to jest distribuci proudů, realizuje OTA₃. Blok OTA₄ může být nahrazen klasickým rezistorem, čímž by se snížil počet potřebných aktivních prvků pouze na tři. Tato náhrada však není žádoucí, pro námi předpokládanou realizaci filtru na čipu.



Obr. 9. Multifunkční filtr 2. řádu s bloky OTA-SIMO.

Obdobné zapojení, publikované v [16], má sice o jeden aktivní prvek méně, ale pro dosažení různých přenosových funkcí je nutné přepojování vstupů, či vazeb. Výhodou zapojení na obr. 9 je, že umožňuje současnou realizaci všech typů přenosových funkcí 2. řádu a není jej nutno pro jednotlivé typy jakkoliv měnit. Podobně v článku [11] je realizována bezproblémově (s oddělenou zátěží) pouze LP, ostatní odezvy jsou totiž méně vhodně snímány z pracovních kapacitorů. Navíc ve zmíněných publikacích [11] a [16] není řešena možnost elektronické změny parametrů, jak je tomu u filtru uvedeného na obr. 9.

Ověření multifunkčního filtru s OTA-SIMO

Kontrolní symbolickou analýzou (programem SNAP) byly pro jednotlivé výstupy (obr. 9) odvozeny proudové přenosy $K(s) = N(s)/D(s)$, v nichž je stejný jmenovatel

$$D(s) = s^2 + s \frac{g_{m1}g_{m3}}{g_{m4}C_1} + \frac{g_{m1}g_{m2}g_{m3}}{g_{m4}C_1C_2}. \quad (10)$$

Čitatele $N(s)$ jsou pro výstupy HP (11), PP (12) a DP (13) následující:

$$N_{HP}(s) = -\frac{s^2g_{m3}}{g_{m4}}, \quad (11) \quad N_{BP}(s) = s \frac{g_{m1}g_{m3}}{g_{m4}C_1}, \quad (12) \quad N_{LP}(s) = \frac{g_{m1}g_{m2}g_{m3}}{g_{m4}C_1C_2}. \quad (13)$$

Pro výstup PZ je čítel

$$N_{BR}(s) = -\left(\frac{s^2g_{m3}}{g_{m4}} + \frac{g_{m1}g_{m2}g_{m3}}{g_{m4}C_1C_2} \right). \quad (14)$$

Pro výstup FC pak

$$N_{AP}(s) = \frac{s^2g_{m3}}{g_{m4}} - s \frac{g_{m1}g_{m3}}{g_{m4}C_1} + \frac{g_{m1}g_{m2}g_{m3}}{g_{m4}C_1C_2}. \quad (15)$$

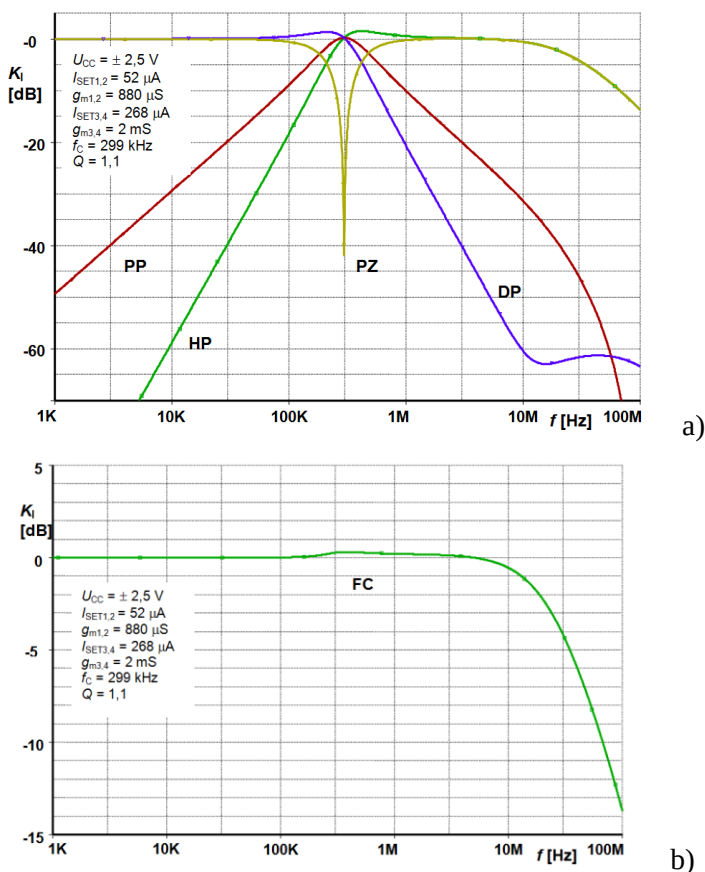
Porovnáním koeficientů polynomu (10) s obecným tvarem jmenovatele přenosu bikvadu [14], dostáváme návrhové vztahy pro charakterický kmitočet f_c (16) a čítel kvality Q (17)

$$f_c = \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m2}g_{m3}}{g_{m4}C_1C_2}}, \quad (16)$$

$$Q = \frac{g_{m4}C_1}{g_{m1}g_{m2}} \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m2}g_{m3}}{g_{m4}C_1C_2}}. \quad (17)$$

Na základě těchto vztahů byl pro ilustraci navržen multifunkční filtr na obr. 9, s charakteristickým kmitočtem $f_c = 300$ kHz, a činitelem jakosti $Q = 1$. Zvoleny byly kapacity kapacitorů $C_1 = C_2 = 470$ pF a hodnoty transkonduktancí $g_{m3} = g_{m4} = 2$ mS. Dle vztahů (16) a (17) pak byly vypočteny hodnoty transkonduktancí $g_{m1} = g_{m2} = 880$ μ S.

Navržený filtr byl ověřen simulacemi v obvodovém simulátoru PSpice s modely OTA-SIMO na tranzistorové úrovni. Získané modulové kmitočtové charakteristiky, uvedené na obr. 10, dokumentují správnou činnost tohoto obvodu, a to pro všechny výstupy.

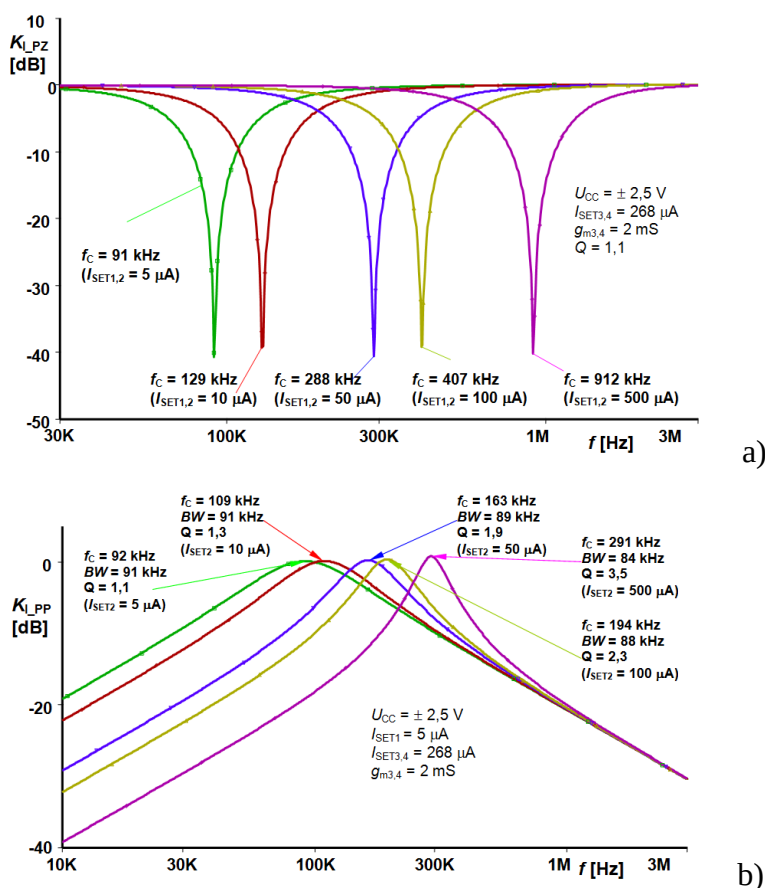


Obr. 10. Modulové charakteristiky navrženého filtru na různých výstupech.

- a) dolní (DP), horní (HP), pásmová (PP) propust a zadrž (PZ),
b) fázovací člunek (FC).

Elektronické přeladování filtru je ilustrováno na obr. 11. Zvolena byla pásmová zadrž (obr. 9, výstup PZ), kde je změna parametrů vidět nejzřetelněji (obr. 11a). Také pásmová propust (obr. 9, výstup PP) a to při konstantní šířce pásma (obr. 11b). Změnou řídicího proudu I_{SET} od 5 do 500 μ A se měnily dle obr. 4 transkonduktance g_{m1}

a g_{m2} a tím podle vztahu (16) i kmitočet minima útlumu pásmové zádrže, a to zhruba o jeden řád (obr. 11a). Samostatná změna g_{m2} při konstantní g_{m1} dovolí ladění f_C při zachování stejné šířky pásma (BW), jak dokládá řízení parametrů pásmové propusti na obr. 11b. Nicméně, rozsah přeladění f_C je mnohem menší. Případná současná změna transkonduktancí g_{m3} a g_{m4} se vzájemně kompenzuje, což je patrné ze vztahu (16). Simulacemi byla ověřena i možnost elektronické změny činitele jakosti (Q) dle vztahu (17) a tím tvaru modulové charakteristiky. U tohoto zapojení je však změna Q doprovázena i změnou kmitočtu f_C (případně i přenosu K_0). Ve vztahu (17) není totiž prvek, který se nevyskytoval i ve vztahu (16) a dovozoval nezávislé nastavování Q .



Obr. 11. Ověření elektronického přeladování filtru.
a) pásmové zádrže (výstup PZ), b) pásmové propusti (výstup PP).

Závěr

V tomto příspěvku byl navržen funkční blok s větším počtem proudových výstupů - transkonduktor OTA-SIMO. Tento blok je vhodný pro různé aplikace v proudovém módu a pro přímou syntézu struktur s více smyčkami zpětné vazby. Pro nejčastější běžné aplikace stačí výstupy čtyři. Pro struktury, kde je třeba výstupů více, lze zapojení na obr. 2 jednoduše doplnit dalšími proudovými zrcadly. Diskutovány byly základní

parametry a nejdůležitější vlastnosti tohoto bloku. Prozatím jsme se nezabývali dalšími vlastnostmi reálného OTA-SIMO, jako jsou parazitní jevy, ověření vlivu výrobního rozptylu a nepřesnosti součástek. Neřešili jsme optimalizaci návrhu obvodu, matching a offsety. To bude předmětem dalšího výzkumu.

Zde uváděné simulace, pořízené s modely na tranzistorové úrovni, však již dostatečně potvrzují funkčnost navrženého OTA-SIMO. Připusťme, že tento blok prozatím nedosahuje tak dobrých vlastností (tranzitní kmitočet, rozsah změny g_m), jako průmyslově vyráběné OTA-DISO (s jedním výstupem). Na druhé straně, OTA-SIMO je vhodnější pro realizaci složitějších obvodů v proudovém módu, především struktur obsahujících více smyček zpětné vazby s distribucí proudů. To zde bylo ukázáno na realizaci univerzálního multifunkčního filtru 2. řádu (DP, HP, PP, PZ a FC), s elektronicky nastavitelnými parametry a pracujícího v proudovém módu. K tomuto zadání byl navržen a postupně upravován graf signálových toků, vhodně realizující požadované přenosy. Z upraveného grafového modelu byl pak sestrojen odpovídající obvod. Výhodou prezentovaného obvodu je dosažení všech přenosových funkcí najednou, bez jakékoli změny zapojení.

Navržený filtr byl ověřen simulacemi na počítači v obvodovém simulátoru PSpice. Získané výsledky potvrdily teoretické předpoklady a záměr syntézy. Prezentované simulace dokladují použitelnost tohoto obvodu řádově do několika MHz. Elektronické přeladění je možné v rozsahu několika stovek kHz, a to vzhledem k omezenému rozsahu řídicího proudu. Pro vyšší kmitočtová pásma bude třeba ještě detailněji studovat a snažit se potlačit nepříznivé jevy v reálném obvodu, popřípadě použít modernější (rychlejší) technologii, která nám prozatím nebyla k dispozici. Naší snahou bylo ověřit záměry syntézy různých aplikací bloků s mnoha výstupy, které jsou OTA-SIMO s dostupnými prostředky (běžnými modely).

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory projektu "Elektronicko-biomedicinská kooperace" (M00176).



EUROPEAN TERRITORIAL CO-OPERATION
AUSTRIA-CZECH REPUBLIC 2007-2013
Gemeinsam mehr erreichen. Společně dosáhneme více.



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro
regionální rozvoj

Literatura

- [1] Toumazou, C., Lidgely, E. J., Haigh, D. G. *Analogue IC design: The current mode approach*, Peter Peregrinus Ltd., London, 1990.
- [2] Dostál, T. Filters with multi-loop feedback structure in current mode. *Radioengineering*, 2003, roč. 12, č. 3, s. 6 - 12.

- [3] Maxim Dallas Semiconductor. *Wideband Transconductance Amplifiers MAX 435 - 436*. 2006, 15 s., dostupné na www: <http://www.maxim-ic.com>.
- [4] Biolek D., Senani R., Biolkova V., Kolka Z. Active elements for analog signal processing: Classification, Review, and New Proposal, *Radioengineering*, 2008, roč. 17, č. 4, s. 15 – 32.
- [5] Geiger, R. L., Sánchez, S. E. Active filter design using operational transconductance amplifiers: A tutorial. *IEEE Circuits and Devices Magazine*, 1985, roč. 25, č. 1. s. 20-32.
- [6] Linear Technology. *LT 1228 - 100 MHz current-feedback amplifier with DC gain control*. 1994, 20 s., dostupné na www: <http://www.linear.com>.
- [7] Texas Instruments Inc. *OPA 860 Wide Bandwidth Operational Transconductance Amplifier and Buffer*. 2006, 32 s., dostupné na www: <http://www.ti.com>.
- [8] Sun, Y., Fidler, J. K. Novel OTA-C realizations of biquadratic transfer functions. *International Journal of Electronics*, 1993, roč. 75, č. 4, s. 333 -348.
- [9] Sun, Y., Fidler, J. K. Current-mode OTA-C realization of arbitrary filter characteristics. *Electronics Letters*, 1996, roč. 32, č. 13, s. 1181 -1182.
- [10] Sun, Y., Fidler, J. K. Current-mode multiple-loop filters using dual-output OTA's and grounded capacitors. *International Journal of circuit theory and application*, 1997, roč. 25, č. 1, s. 69 - 80.
- [11] Keskin, A. U., Biolek, D., Hancioglu, E., Biolkova, V. Current-mode KHN filter employing Current Differencing Transconductance Amplifiers. *Int. J. Electronics and Communications*. 2006, roč. 60, č. 6. s. 443-446.
- [12] The MOSIS Service, fabrication of prototype and low-volume production quantities of IC-s, dostupné na www: http://www.mosis.com/products/fab/vendors/amis/amis_processes.html.
- [13] Dostál, T. All-pass filters in current mode. *Radioengineering*, 2005, roč. 14, č. 3, s. 48 - 53.
- [14] Dostál, T., Šotner, R., Frydrych J. Syntéza moderních analogových obvodů pomocí grafů signálových toků. *Logos Polytechnikos*, roč. 1, č. 4, s. 51 – 65.
- [15] Kervin, W. J., Huelsman, L.P., Newcomb, R. W. State variable synthesis for insensitive integrated circuit transfer functions. *Transactions IEEE on Circuit and systems*, 1967, roč. 2, č. 2, s. 87 - 92.
- [16] Biolek, D., Biolkova, V., Kolka, Z. Universal Current-Mode OTA-C KHN Biquad, *International Journal of Electronics, Circuits and Systems*, roč. 1, 2007, č. 4. s. 214 - 217.
- [17] Dostál, T., Šotner, R., Slezák, J. Current-mode circuits based on SIMO OTA: Review and new applications in filters. *Contemporary Engineering Science*, roč. 2, 2009, č. 10, s. 479 – 496.

Functional Block with Multiple Outputs Suitable for Applications in Current Mode

Abstract

In the article a promising active block with multiple current outputs is given, namely the transconductor OTA-SIMO. The block is suitable for various applications in analog systems, especially for direct synthesis of the multi-loop feedback structures. Presented is there an internal circuit diagram of this block. Its characteristics and parameters are discussed by identification through simulations on transistor level with technological models of the used unipolar transistors. The proposed block is applied in multifunctional electronically tunable filter, operating in current mode. Features of this filter are verified by simulations, using computer tools SNAP and PSpice.

Key words

Analog circuits, current-mode circuits, active filters, transconductors with multiple outputs.

Kontaktní údaje

Prof. Ing. Tomáš Dostál, DrSc.
Vysoká škola polytechnická Jihlava
Katedra elektrotechniky a informatiky
Tolstého 16, 586 01 Jihlava
tel.: +420 567 141 197
e-mail: dostal@vspj.cz

Ing. Roman Šotner
student doktorského studia
Vysoké učení technické v Brně
Ústav radioelektroniky
Purkyňova 118, 612 00 Brno
tel.: +420 541 149 140
e-mail: xsotne00@stud.feec.vutbr.cz

Výpočetní model vnitřního ucha podle Zhanga a kol.: vlastnosti a použitelnost

Zbyněk Bureš

Vysoká škola polytechnická Jihlava
Katedra elektrotechniky a informatiky

Ústav experimentální medicíny, Akademie věd ČR

Abstrakt

V minulosti byla publikována řada matematických a výpočetních modelů sluchové dráhy. Modely sluchové dráhy a vnímání zvuku mají široké praktické použití, významným přínosem modelování fyziologických procesů obecně je však také dokonalejší návrh léčebných pomůcek a v neposlední řadě mohou matematické a algoritmické modely přispět k pochopení některých dosud ne zcela objasněných biologických mechanismů. Předkládaná práce se zabývá ověřením vlastností fenomenologického modelu sluchové dráhy publikovaného v článku Zhang a kol. (2001). Přestože je chování modelu poměrně podrobně verifikováno ve vlastním článku a navazujících člancích, mnoho vlastností bylo opomenuto; přitom některé z nich jsou pro obecnou použitelnost modelu zcela zásadní. Cílem práce bylo zjistit, zda je model schopen reprodukovat fundamentální fyziologická data a zda je možné jej použít jako alternativu k stávajícímu modelu, vyvinutému autorem této práce. Přes pozitivní prezentaci modelu v citovaném článku výsledky naznačují, že testovaný model není vhodným kandidátem na náhradu stávajícího modelu a to jednak z důvodu neuspokojivé reprodukce fyziologických dat, jednak z důvodu relativně vysoké výpočetní náročnosti.

Klíčová slova

Výpočetní model, sluchová dráha, kochlea, basilární membrána.

Úvod

Matematickým a výpočetním modelům sluchové dráhy se věnovala a věnuje řada vědeckých prací. Modely sluchové dráhy a vnímání zvuku mají široké použití, z běžných aplikací jmenujme např. psychoakustickou optimalizaci audio signálů, metody ztrátové komprese řeči a hudby, objektivní hodnocení kvality zvuku apod. Přínosem modelování fyziologických procesů obecně je ale rovněž dokonalejší návrh léčebných pomůcek, matematické a algoritmické modely mohou též přispět k lepšímu pochopení biologických mechanismů.

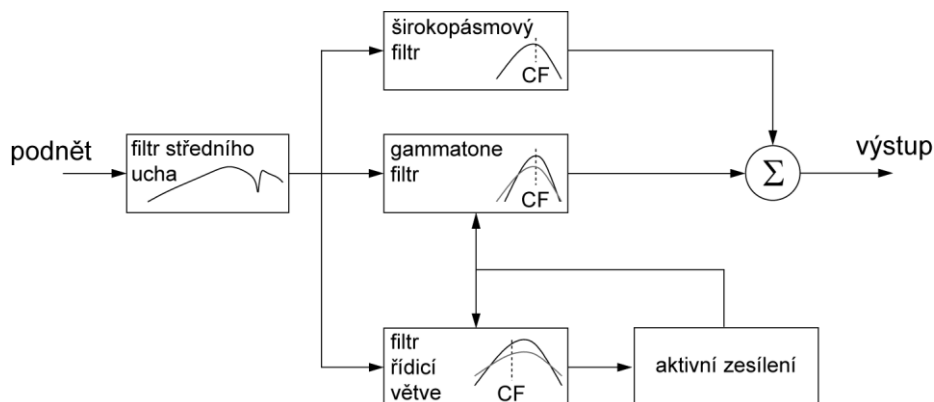
Modelů sluchové dráhy bylo v minulosti publikováno poměrně velké množství. Modely se liší jednak šíří modelovaného problému, především ale mírou použité

abstrakce – na jedné straně najdeme velmi detailní modely, snažící se simulovat přímo fyziologické *děje* na úrovni buněk a iontů, na druhé straně pak modely abstraktní, simulující pouze vnější *projevy* zkoumaného systému bez silnější vazby na jejich biologickou podstatu. Je zřejmé, že modely druhého typu mají výhodu v daleko nižší výpočetní náročnosti a jsou tedy vhodné například pro použití v systémech pro kompresi zvuku a podobně; i tyto modely by však měly zachycovat podstatné rysy chování modelovaného systému. Model publikovaný v článku [8] lze řadit do skupiny abstraktnějších modelů. Pokrývá periferní část sluchové dráhy od vnějšího ucha přes hlemýžď (kochleu) po sluchový nerv a je až do současnosti využíván v řadě dalších prací [1, 9, 10].

Jakýkoli model slyšení se musí vypořádat s transformací zvukového signálu z časové do kmitočtové oblasti, která se odehrává v hlemýždi vnitřního ucha (transformace často označovaná jako kochleární filtrace). Nejjednodušší modely pracují se statickou bankou filtrů nebo některou z matematických transformací, složitější modely používají speciální řízené filtry nebo přímé modelování dějů v hlemýždi. Problémy, na něž při modelování této transformace narážíme, jsou především následující [3]:

- kochleární filtrace je silně nelineární proces
- vlastnosti kochleární filtrace jsou výrazně odlišné pro různé intenzity podnětu
- vlastnosti kochleární filtrace se liší pro různé frekvence podnětu
- kochleární filtrace zahrnuje aktivní zesílení signálu, které se projevuje zejména při stimulaci komplexními zvuky

Zkoumaný model realizuje kochleární filtraci pomocí dvou paralelních bank filtrů, jedna z větví obsahuje gammatónové filtry řízené dalším postranním mechanismem, zajišťujícím aktivní nelineární zesílení (viz obr. 1). Předkládaná práce se zabývá stanovením vlastností kochleární filtrace v modelu podle článku [8]. Cílem je ověřit, zda je model schopen správně reprodukovat podstatné fyziologické jevy. Kromě srovnání s experimentálními daty budou též výsledky srovnány s modelem, vytvořeným autorem této práce [3], a bude diskutována možnost použití testovaného modelu jako jeho alternativy.

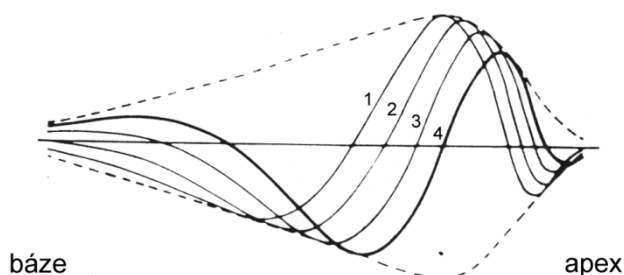


Obr. 1. Struktura modelu podle [8], realizující kochleární filtraci. CF označuje charakteristickou frekvenci modelovaného místa basilární membrány.

Kochleární filtrace

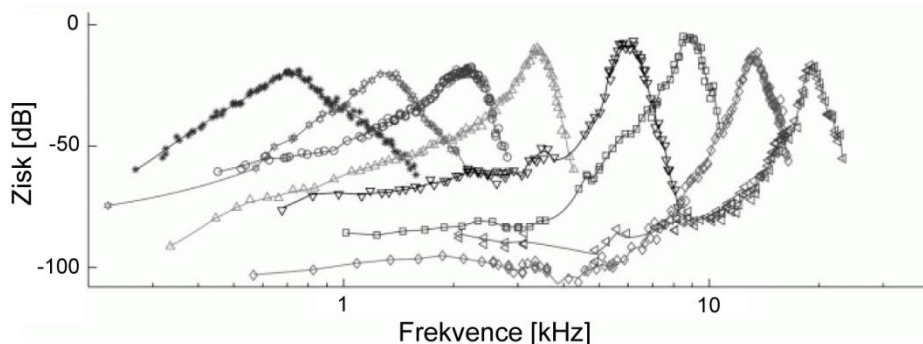
Tato kapitola stručně popisuje fyziologické nálezy, týkající se zpracování zvuku v hlemýždi, její obsah čerpá především z prací [5] a [6].

Kochleární filtrace se odehrává v hlemýždi vnitřního ucha. Hlemýžď je kapalinou naplněná spirálovitě stočená trubice, rozdělená podélnými přepážkami na tři kanálky. Jedna z přepážek, nazývaná se bazilární membrána (BM), nese na svém povrchu vlastní sluchový receptor, tzv. Cortiho orgán, jenž převádí mechanické kmity membrány na nervové vzruchy. Spektrální rozklad podnětu je zajištěn prostřednictvím proměnlivých rezonančních vlastností BM; BM se chová jako sada filtrů, které dekomponují vstupní signál na kmitočtová pásma. Tyto hypotetické filtry se však překrývají, čistě harmonický signál tak vyvolá odezvu v několika sousedních filtrech.



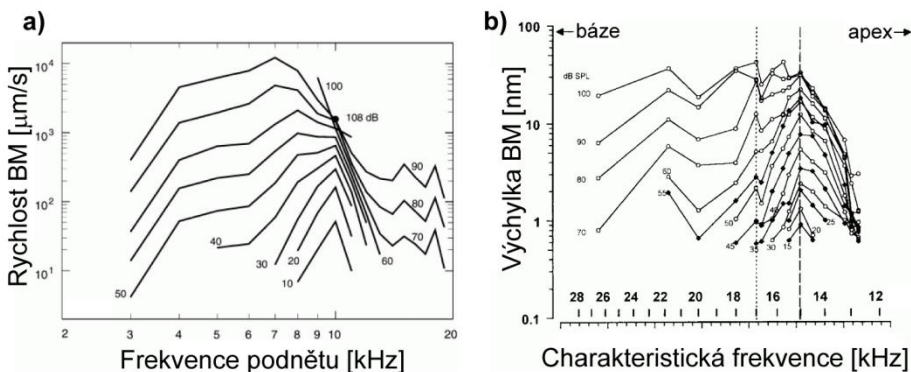
Obr. 2. Šíření postupné vlny po bazilární membráně, převzato z [5].

Hlemýžď je buzen mechanickými kmity středoušních kůstek z jeho spodní strany (tzv. báze). Uvnitř hlemýždě vzniká postupná vlna, která se šíří po BM od báze směrem k vrcholu hlemýždě (tzv. apex). Úseky BM blíže báze jsou citlivé na vysoké frekvence, směrem k apexu je BM citlivá na nižší kmitočty. Každému bodu BM tak lze přiřadit určitou charakteristickou frekvenci (CF), na niž je daný bod nejvíce citlivý. Postupná vlna je typickou vlastností kochleární filtrace. Při stimulaci čistým tónem se výchylky kmitů BM od báze postupně zvětšují, největší amplitudy dosahují v místě s CF rovnou frekvenci podnětu, následně je pak vlna velmi rychle utlumena a dále se již nešíří (viz obr. 2).



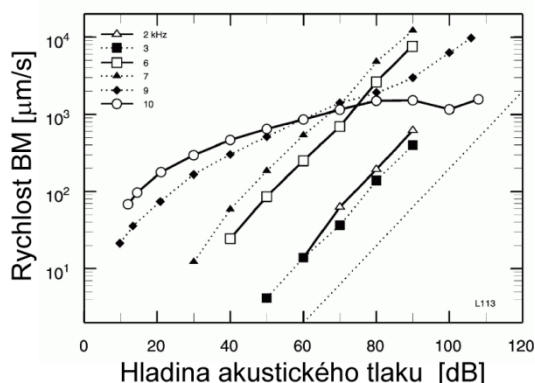
Obr. 3. Amplitudová frekvenční charakteristika kochleárních filtrů kočky domácí, převzato z [4].

Jelikož se BM jeví jako sada neideálních pásmových propustí, jeden tón rozkmitává vždy nějaký úsek BM. Lze nyní zkoumat, jakou frekvenční charakteristiku má daný bod BM, tj. zejména s jakou amplitudou kmitá při stimulaci tónu o různé frekvenci, získáme tak charakteristiku tzv. kochleárního filtru. Naopak lze také zkoumat, jakou obálku kmitů *celé* BM vyvolá jeden tón o určité frekvenci, tedy tzv. excitační obrazce BM. Tyto dva pohledy na přenosové vlastnosti BM jsou komplementární a používá se jeden či druhý, podle potřeby. Tvar kochleárních filtrů je obecně nesymetrický, filtry mají obvykle nízkou strmost směrem k nižším frekvencím, směrem k vyšším frekvencím jsou naopak velmi strmé. Podstatné je, že tvar filtrů je závislý na CF – na nižších CF jsou filtry širší než na vysokých (viz obr. 3). Podobně je tvar filtru závislý na intenzitě podnětu – čím silnější podnět, tím širší je propustné pásmo filtru. S intenzitou se ovšem nemění jen šířka propustného pásma, ale též se posouvá frekvence, kterou filtr nejvíce propouští, tj. CF, a to směrem k nižším kmitočtům (viz obr. 4a). Obrátíme-li pak směr pohledu a zkoumáme-li obálku kmitů celé BM při stimulaci jediným tónem o různé intenzitě, zjistíme, že místo maximální výchylky se při zesilování tónu posouvá směrem k bázi kochley (viz obr. 4b).



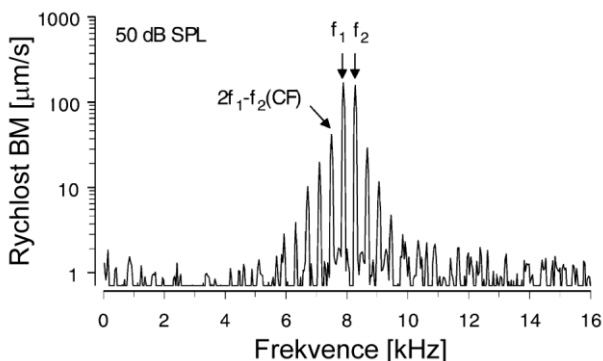
Obr. 4. a) Odezva místa na basilární membráně činčily (charakteristická frekvence CF=10 kHz) na harmonické signály o různé frekvenci a intenzitě, převzato z [6]. b) Odezva úseku basilární membrány morčete na signál o kmitočtu 15 kHz, převzato z [6].

Vstupně-výstupní funkce BM, tj. vztah amplitudy kmitů BM a intenzity podnětu, je obecně nelineární. Na nízkých a vysokých intenzitách podnětu má funkce přibližně lineární průběh, ve střední části se však chová kompresivně (viz obr. 5). Nelinearita vstupně-výstupní funkce se ovšem projevuje jen tehdy, má-li podnět frekvenci blízkou CF měřeného místa. Jestliže měříme odezvu místa BM, které má CF výrazně odlišnou od frekvence podnětu, vstupně-výstupní funkce je téměř lineární. Důsledkem nelinearity systému je například vznik distorzních produktů při stimulaci silnějším podnětem nebo komplexem tónů. Obr. 6 ukazuje vznik rozdílových a součtových tónů ve spektru kmitů BM při stimulaci dvěma tóny. Vzniklé distorzní produkty se šíří po BM a mohou vyvolat odezvu ve vláknech sluchového nervu s příslušnou CF, jako by se jednalo o samostatný tón. Dalším důsledkem nelinearity je tzv. dvoutónová inhibice: zeslabení odezvy na jeden tón v důsledku přítomnosti jiného tónu. Při současném dráždění sousedního místa BM se odezva basilární membrány linearizuje a stává se méně citlivou na slabé podněty.



Obr. 5. Vstupně-výstupní funkce BM činčily v místě s $CF=10$ kHz. Podněty o frekvenci menší nebo rovné CF . Čárkovaně je znázorněna lineární závislost. Převzato z [6].

Vlastnosti kochleární filtrace se významně projevují při subjektivním vjemu zvuku. Jevy jako maskování, vznik reziduálních tónů, závislost subjektivní výšky tónu na intenzitě, vjem délky tónu a podobně, mají svůj původ právě v kochleární mechanice. Z tohoto důvodu je podstatné, aby modely dobře reprodukovaly hlavní aspekty kochleární filtrace.



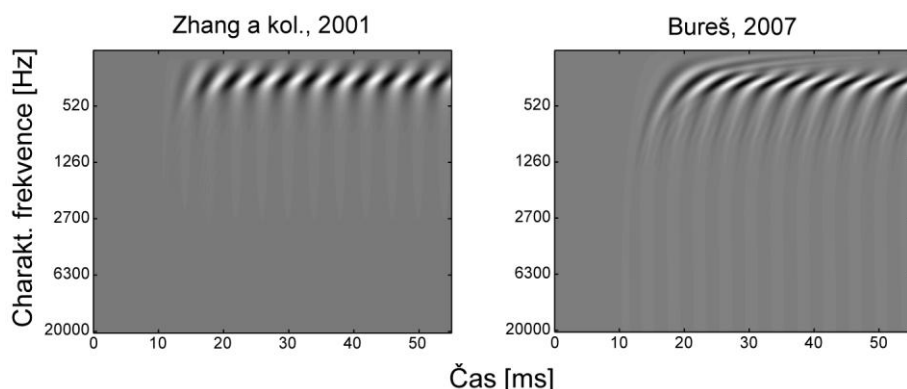
Obr. 6. Distorzní produkty. Spektrum kmitů BM při stimulaci dvěma tóny o frekvencích f_1 a f_2 . Převzato z [6].

Výsledky

Při testování modelu podle článku autorů Zhang a kol., 2001 [8] byly zkoumány především vlastnosti kochleární filtrace uvedené v předchozí kapitole, tedy

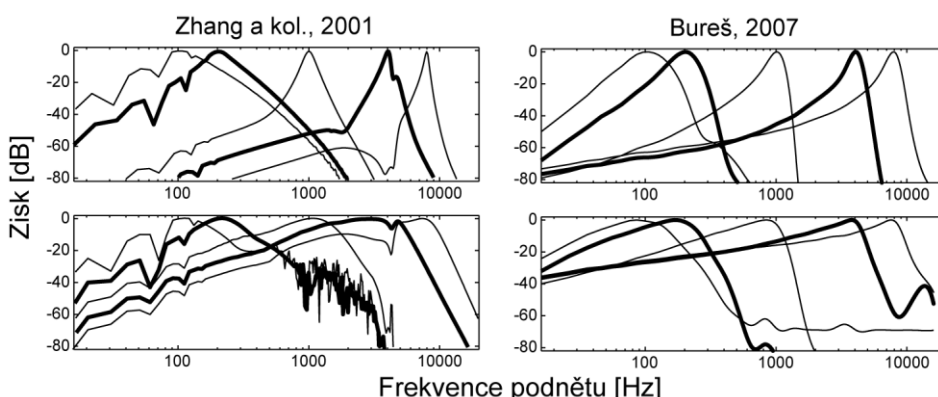
- šíření postupné vlny
- tvar kochleárních filtrů na různých CF a různých intenzitách podnětu
- vstupně-výstupní funkce
- excitační obrazce BM
- distorzní produkty
- dvoutónová inhibice

Získané výsledky budou srovnávány jednak s experimentálními daty, uvedenými v předchozí kapitole, jednak s výsledky autorova vlastního modelu [3]. Pro simulace byla publikovaná implementace modelu [8] přepsána z jazyka C do prostředí MATLAB. Vzhledem k nedostupnosti odpovídajících dat, která by pocházela z měření lidských subjektů, jsou modely testovány pomocí experimentálních dat z měření na zvířatech. Očekávané budoucí použití modelů je však úzce vázáno na lidské slyšení, z tohoto důvodu byly pro testování modelů zvoleny kmitočty a úrovně signálu, které vycházejí z rozsahu slyšitelných zvuků pro člověka. Tato volba nepředstavuje pro testování závažnější překážku, neboť principy fungování sluchové dráhy člověka a ostatních savců jsou víceméně totožné, liší se pouze v rozsahu slyšitelných frekvencí a intenzit.



Obr. 7. Šíření postupné vlny po BM. Světlejší barva: pozitivní výchylka BM, tmavší barva: negativní výchylka BM, šedá barva: nulová výchylka BM.

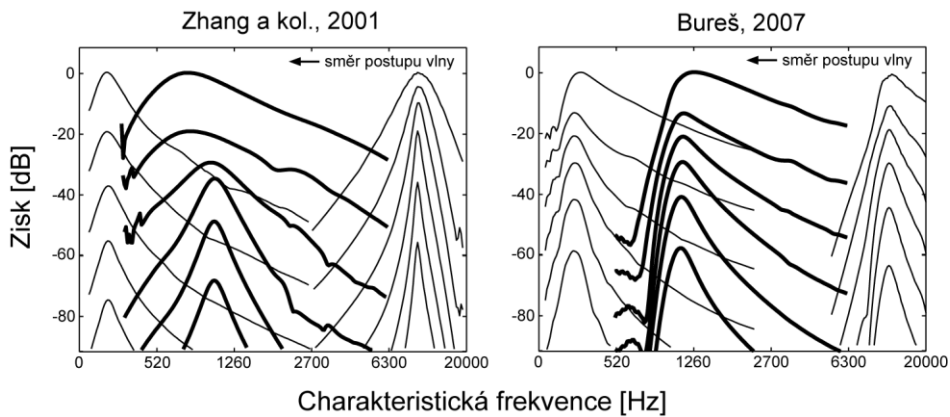
Šíření postupné vlny lze demonstrovat na grafu, kde na horizontální ose je vyneseno čas, na vertikální ose úsek basilární membrány, amplituda výchylky BM je znázorněna stupni šedi. Model byl testován pomocí stimulu o frekvenci 250 Hz a hladině akustického tlaku 60 dB. Výsledky jsou prezentovány na obr. 7, vlevo je výstup testovaného modelu podle [8], vpravo výstup modelu podle [3]. Je patrné, že přestože je testovaný model založen na bance filtrů, reprodukuje postupnou vlnu poměrně dobře, srovnatelně s referenčním modelem podle [3], založeným na elektromechanické simulaci kochleární mechaniky. Jistým problémem testovaného modelu je fakt, že neumožňuje používat nižší CF než 80 Hz, čímž se lidský fyziologický frekvenční rozsah omezuje o cca 2 oktávy. Z důvodu srovnatelnosti s modelem dle [3] byl graf na obr. 7 vlevo doplněn o chybějící pásma mezi 20 Hz a 80 Hz, v těchto pásmech jsou vyneseny nulové výchylky BM.



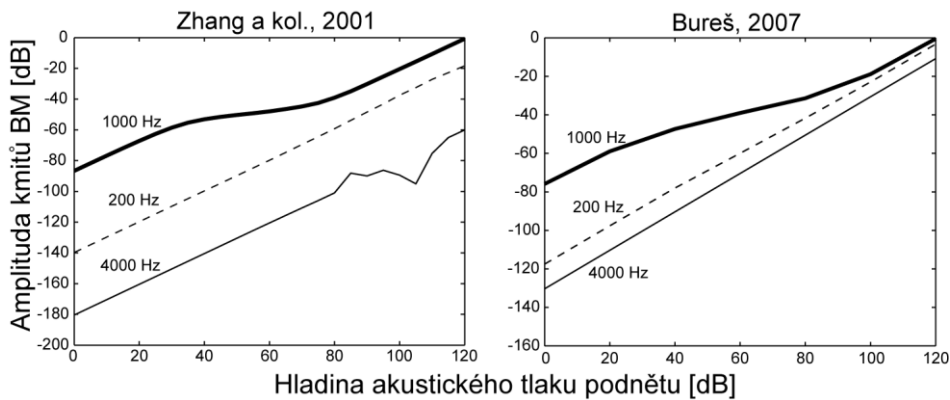
Obr. 8. Frekvenční charakteristiky kochleárních filtrů s CF 100, 200, 1000, 4000 a 8000 Hz, normalizováno k 0 dB. Nahoře: stimulace na 20 dB, dole: stimulace na 100 dB.

Tvar kochleárních filtrů je vyneseno na obr. 8 (vlevo: testovaný model dle [8], vpravo: referenční model dle [3]). Vzhledem k tomu, že průběh frekvenční charakteristiky je hlavním kritériem při návrhu jakéhokoli modelu kochleární filtrace, reprodukuje oba modely základní tvar známý z experimentálních dat dobře (srovnej obr. 3). Oba modely rovněž reprodukuje rozšiřování propustného pásma s rostoucí intenzitou stimulu. Ani jeden model ovšem uspokojivě nereprodukuje posun maxima excitace s intenzitou směrem k nižším frekvencím. Problémem, který se projevuje u testovaného modelu dle [8], je místy silné zvlnění frekvenční charakteristiky. Zejména tvar filtru na 8 kHz při stimulaci na 100 dB není vyhovující: v okolí 4 kHz je vidět hluboké minimum, které neodpovídá fyziologii. Rovněž kochleární filtr na 4 kHz při stimulaci na 100 dB vykazuje nedostatky: na charakteristické frekvenci namísto maxima leží ostré lokální minimum.

Komplementárním pohledem na přenosové vlastnosti BM je znázornění excitačních obrazců, tedy závislost amplitudy kmitů na poloze na BM při stimulaci daným podnětem. Pokud by byly kmitočtové charakteristiky kochleárních filtrů po celé délce BM shodné, excitační obrazce by byly pouze zrcadlově převráceným zobrazením kochleárních filtrů. Jak bylo popsáno výše, se vzrůstající intenzitou podnětu se excitační obrazce rozšiřují a maximum excitace se posouvá směrem k vyšším CF (směrem k bázi kochley, tj. proti směru šíření vlny). Excitační obrazce pro stimulaci tóny o frekvenci 200, 1000 a 10000 Hz jsou vyneseny na obr. 10, vlevo jsou výsledky testovaného modelu dle [8], vpravo výsledky referenčního modelu dle [3]. Hladina akustického tlaku byla postupně 0, 20, 40, 60, 80 a 100 dB, křivky jsou normalizovány k 0 dB pro stimulaci nejsilnějším podnětem. Z obrázku je patrné, že zatímco referenční model [3] dobře reprodukuje fyziologický tvar excitačních obrazců (srovnej obr. 4b), testovaný model [8] vykazuje značné nedostatky. Tvar excitace je pro většinu intenzit víceméně symetrický, což je v příkrém rozporu s fyziologií, strmost křivky směrem k nízkým CF je nerealisticky malá, model navíc vůbec nereprodukuje posun maxima excitace s intenzitou směrem k vyšším CF. V případě stimulace 1kHz tónem dokonce dochází k výraznému posunu maxima excitace opačným směrem.

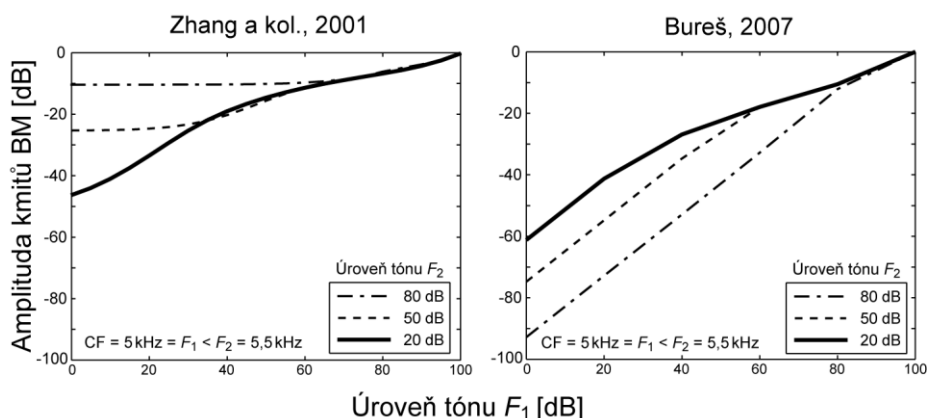


Obr. 9. Excitační obrazce basilární membrány jako celku při stimulaci harmonickými signály o frekvencích 200, 1000 a 10000 Hz. Hladina akustického tlaku podnětu byla vždy postupně 0, 20, 40, 60, 80 a 100 dB, křivka odpovídající tónu 200 Hz na 0 dB leží pod úrovní -90 dB a není zobrazena. Křivky jsou normalizovány k 0 dB pro stimulaci na 100 dB. Pravá strana grafů odpovídá bázi kochley, levá strana apexu.



Obr. 10. Vstupně-výstupní funkce místa basilární membrány s CF=1 kHz při stimulaci tóny o kmitočtech 200, 1000 a 4000 Hz, normalizováno k 0 dB podle křivky na 1 kHz.

Na obrázku 10 je zachycen průběh vstupně-výstupní funkce místa basilární membrány s CF=1 kHz při stimulaci tóny o kmitočtech 200, 1000 a 4000 Hz. Je vidět, že v souladu s fyziologií se odezva BM při stimulaci mimo CF téměř linearizuje, problémem testovaného modelu je zvlnění funkce pro 4kHz stimulus.

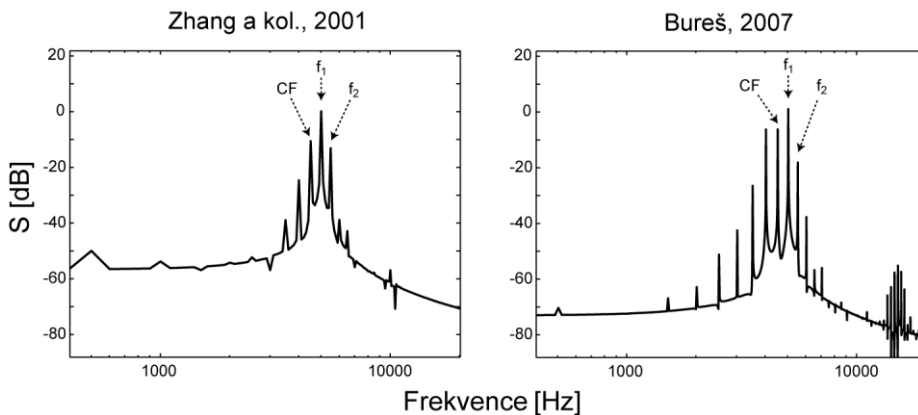


Obr. 11. Dvoutónová inhibice. Vstupně-výstupní funkce místa basilární membrány s $CF=5$ kHz při stimulaci součtem harmonických signálů o frekvencích $F_1=5$ a $F_2=5,5$ kHz, normalizováno k 0 dB podle křivky při úrovni F_2 20 dB SPL.

Při současné stimulaci BM více tóny se její odezva zeslabuje a linearizuje. Dvoutónová inhibice je demonstrována na obr. 11. Jsou vyneseny průběhy vstupně-výstupní funkce místa basilární membrány s $CF=5$ kHz při současné stimulaci tóny o kmitočtech 5000 a 5500 Hz, úroveň druhého tónu byla volena postupně 20, 50 a 80 dB SPL. Oproti referenčnímu modelu [3] jsou průběhy získané testovaným modelem [8] zcela nevyhovující. S rostoucí úrovní druhého tónu odezva BM roste a stává se téměř nezávislou na úrovni prvního tónu, což zcela odporuje fyziologii.

Další testovanou vlastností modelu byl vznik distorzních produktů. Jak je ukázáno na obr. 12, oba modely dobře reprodukuje vznik nelineárních produktů (srovnej obr. 6). Kromě kmitočtů primárních tónů se ve spektru kmitů daného elementu BM objevuje celá řada rozdílových a součtových složek. Obrázek byl získán kmitočtovou analýzou kmitů jednoho elementu BM s charakteristickou frekvencí volenou tak, aby platilo $CF = 2f_1 - f_2$. Vedle kubického rozdílového tónu jsou patrné též součtové tóny nad 10 kHz a také rozdílový tón $f_2 - f_1$ na 500 Hz.

Oba dva srovnávané modely jsou implementovány v prostředí MATLAB, vzorkovací frekvence obou modelů je 100 kHz. Pro úplnost byl ještě změřen čas potřebný pro výpočet pole postupné vlny (podobného jako je na obr. 7) pro signál dlouhý 130 ms a 251 uvažovaných CF. Testovaný model podle [8] pracoval 692 s, referenční model podle [3] pracoval 7,8 s.



Obr. 12. Distorzní produkty. Spektrum kmitů místa basilární membrány s $CF=4,5$ kHz při stimulaci součtem harmonických signálů o frekvencích $f_1=5$ a $f_2=5,5$ kHz. Normalizováno k 0 dB.

Diskuse

Testovaný kochleární model podle článku [8] je založen na číslicové filtraci signálu, nemodeluje tedy vlastní kmitavé děje basilární membrány, ale pouze jejich důsledky.

Testovaný model dobře reprodukuje následující vlastnosti kochleární mechaniky: postupnou vlnu, rozšiřování kochleárních filtrů s intenzitou podnětu, kompresivní vstupně-výstupní funkci vč. linearizace při dráždění stimulem mimo CF a konečně vznik nelineárních distorzních produktů.

U kochleární filtrace je poněkud sporný tvar frekvenčních charakteristik při stimulaci na 100 dB SPL – křivky obsahují ostrá lokální minima především v okolí 4 kHz, což neodpovídá realitě, zvláště uvažíme-li, že v okolí tohoto kmitočtu leží maximum přenosové funkce vnějšího a středního ucha [7]. Rovněž není reprodukován posun maxima excitace; jev není reprodukován ani modelem podle [3]. Nicméně z hlediska použití modelu např. pro algoritmy ztrátové komprese signálu není tento nedostatek příliš závažný.

Závažným nedostatkem testovaného modelu je nedokonalá reprodukce excitačních obrazců. Jejich tvar neodpovídá fyziologii, při stimulaci 1 kHz navíc dochází k výraznému posunu maxima excitace opačným směrem, než by odpovídalo experimentálním datům. Vzhledem k tomu, že excitační obrazce basilární membrány jsou základem pro modelování mnoha psychoakustických jevů, jako je např. maskování nebo celková subjektivní hlasitost [11], testovaný model by nebyl vhodným kandidátem pro použití v psychoakustickém modelu, jaké se vyskytují např. v systémech pro kompresi zvuku nebo pro objektivní stanovení kvality zvuku [2].

Dalším nedostatkem testovaného modelu je jeho nevyhovující reakce na komplexní tóny. Zatímco z fyziologie je známo, že přítomnost dalšího tónu mimo CF odezvu basilární membrány zeslabuje a linearizuje (takzvaná dvoutónová inhibice), testovaný model naopak za přítomnosti druhého tónu vykazuje nárůst odezvy BM. Kromě toho, pokud je druhý tón dostatečně silný, stává se model takřka zcela necitlivý vůči

stimulaci prvním tónem. Toto chování by rovněž komplikovalo použití testovaného modelu v psychoakustických modelech.

Fenomenologický přístup, simulující vnější projevy systému, obvykle vede k výpočetně efektivnějším algoritmům ve srovnání s přístupem, kdy modelujeme přímo probíhající biologické děje. Při orientačním měření výpočetní náročnosti obou uvažovaných modelů se ovšem ukazuje, že fenomenologický model založený na filtraci je paradoxně o dva řády pomalejší než model založený na modelování dějů v hlemýždi. Při jisté snaze by se patrně podařilo algoritmus modelu podle [8] optimalizovat tak, aby jeho výpočetní složitost klesla, nicméně nelze odůvodněně předpokládat, že by výpočetní složitost poklesla stonásobně.

Závěr

Motivací pro testování kochleárního modelu podle [8] bylo zjistit, zda přístup založený na filtraci je schopen reprodukovat fundamentální fyziologická data a zda je tedy možné tento model použít jako alternativu k stávajícímu, autorem používanému, modelu sluchové dráhy. Výsledky testu ukazují, že testovaný model není vhodným kandidátem na náhradu stávajícího modelu a to z několika důvodů: model v žádném z testovaných parametrů nepřekonal stávající referenční model, v několika případech byly dokonce jeho výsledky velmi neuspokojivé. Dokonce ani výpočetní náročnost testovaného fenomenologického modelu nebyla nižší než výpočetní náročnost fyziologicky realističtějšího modelu podle [3].

Poděkování

Práce byla na VŠPJ podpořena projekty „Podpora a individuální rozvoj perspektivních akademických pracovníků na VŠPJ“ a M00176 "Elektronicko-biomedicinská kooperace". Dále děkuji Romanu Komůrkovi za výraznou pomoc při implementaci modelu v MATLABu.



Literatura

- [1] BRUCE, I.C. – SACHS, M.B. – YOUNG, E.D. An auditory-periphery model of the effects of acoustic trauma on auditory nerve responses. *J. Acoust. Soc. Am.* 2003, 113, s. 369-388.
- [2] BUREŠ, Z. Modely ucha a jejich využití k odhadu zvukové kvality. In *Sborník příspěvků konference Vršov 2005*. Brno: VUT v Brně, FEKT, 2005, s. 25-28. ISBN 80-214-3008-7.

- [3] BUREŠ, Z. *Modelování lidské sluchové dráhy a vnímání zvuku*. Praha, 2007. 215 s. Dizertační práce. ČVUT v Praze.
- [4] van der HEIJDEN, M. – JORIS, P.X. Cochlear Phase and Amplitude Retrieved from the Auditory Nerve at Arbitrary Frequencies. *J. Neurosci.* 2003, 23, s. 9194–9198.
- [5] PICKLES, J.O. *Introduction To The Physiology Of Hearing*. London: Academic Press, 1982. 341 s. ISBN 0-12-554750-1.
- [6] ROBLES, L. – RUGGERO, M.A. Mechanics of the Mammalian Cochlea. *Physiological Reviews* 2001, vol. 81, s. 1305–1352.
- [7] RUND, F. Přenos akustického tlaku vnějším zvukovodem lidského ucha (aplikace teorie vlnodů s nekonstantním průřezem). Praha: ČVUT FEL Praha, 2004. 125 s., 19 s. příloh. Disertační práce.
- [8] ZHANG, X., *et al.* A phenomenological model for the responses of auditory-nerve fibers: I. Nonlinear tuning with compression and suppression. *J. Acoust. Soc. Am.* 2001, 109, s. 648–670.
- [9] ZILANY, M.S., *et al.* A phenomenological model of the synapse between the inner hair cell and auditory nerve: long-term adaptation with power-law dynamics. *J. Acoust. Soc. Am.* 2009, 126, s. 2390–2412.
- [10] ZILANY, M.S. – BRUCE, I.C. Modeling auditory-nerve responses for high sound pressure levels in the normal and impaired auditory periphery. *J. Acoust. Soc. Am.* 2006, 120, s. 1446–1466.
- [11] ZWICKER, E. – FASTL, H.: *Psychoacoustics. Facts and models*. Springer-Verlag, 1990. 354 s. ISBN 3-540-52600-5.

A Computational Model of Inner Ear by Zhang et al.: Properties and Applicability

Abstract

A number of works has been devoted to mathematical and computational models of auditory pathway. Auditory and perceptual models have wide range of practical applications, however, an important contribution of models of physiological processes in general is, e.g., a better design of medical aids; mathematical and algorithmical models may also contribute to understanding of unclear biological mechanisms. The current study deals with verification of a phenomenological auditory model published in Zhang et al. (2001). Despite a detailed verification of the model in the cited work and in several subsequent studies, a number of properties has been overlooked, although some of them are crucial for general applicability of the model. The aim of the present work was to determine whether the tested model is capable of reproducing fundamental physiological data and whether it can be used as

an alternative to a current model developed by the author of this work. In contrast to a positive presentation of the model in the published works, the results indicate that the tested model is not a suitable candidate for replacement of the current model due to unsatisfactory reproduction of the physiological data and also due to high computational demands.

Key words

Computational model, auditory pathway, cochlea, basilar membrane.

Kontaktní údaje

Ing. Zbyněk Bureš, Ph.D.
Vysoká škola polytechnická Jihlava
Tolstého 16, 586 01 Jihlava
e-mail: buresz@vspj.cz

Ústav experimentální medicíny AVČR, v.v.i.,
Videňská 1083, 142 20 Praha 4
e-mail: buresz@biomed.cas.cz

Nábojové pumpy

David Matoušek

Vysoká škola polytechnická Jihlava

Abstrakt

Cílem článku je seznámit čtenáře s použitím, vnitřní konstrukcí a omezeními nábojových pump. Článek uvádí různé topologie nábojových pump, shrnuje jejich vlastnosti a seznamuje s konstrukčními limity. Nejvíce pozornosti je věnováno Dicksonově nábojové pumpě, jsou však zmíněny i jednodušší konstrukce jako invertor, zdvojovač a dělič. V závěru článku jsou shrnuty klíčové parametry nábojových pump včetně metod, které konstruktéři používají pro jejich optimalizaci.

Klíčová slova

Nábojová pumpa, DC/DC měnič, násobič, Dicksonova nábojová pumpa, diodově zapojený tranzistor, body-efekt, invertor, zdvojovač, dávkovací kondenzátor, střádací kondenzátor.

Úvod

Nábojové pumpy se používají jako DC/DC měniče, které pro svou realizaci nevyžadují rozměrné součástky jako například cívky nebo transformátory s tím efektem, že dosahují mnohem vyšší účinnosti převodu energie.

Nábojové pumpy odvozují svůj název z analogie principu činnosti s vodními pumpami. Jestliže vodní pumpa přečerpává vodu z vodního zdroje do vodní nádrže, pak nábojová pumpa přečerpává náboj z napájecího zdroje do kondenzátoru. Účel přečerpávání je v obou případech stejný: změna energie. V případě klasické pumpy je to změna energie polohové a v případě nábojové pumpy se jedná o změnu energie elektrostatického pole. Výsledkem v případě nábojové pumpy je pak změna výstupního napětí.

Efekt změny napětí v nábojové pumpě je velmi důležitý pro realizaci přenosných elektronických zařízení napájených z baterií. Snaha o miniaturizaci elektronických součástek a minimalizaci odběru vedla konstruktéry mimo jiné ke snížení provozního napětí. Stále však zůstává velká řada součástek, které nejsou schopné provozu při napětí v řádu jednotek voltů. Příkladem mohou být paměti E²PROM nebo Flash a z nich odvozená zařízení jako mobilní telefony, PDA, digitální kamery a mnoho dalších. Jiná zařízení potřebují pracovat se stabilním napájecím napětím a současnost klade důraz na minimální ztráty regulátoru. Nábojové pumpy jsou pak přímo integrovány do takovýchto obvodů.

Stručný historický přehled

Požadavek vytvoření vysokého napětí z dostupného napětí nízké hodnoty existuje již od počátků elektrotechniky. Průkopníkem v této oblasti byl patrně sám Michael Faraday, známý anglický fyzik a chemik, který tak v roce 1831 vynálezem „indukčního prstence“ otevřel éru měničů energie, když použil transformátor [1].

Potřeba produkce vysokého napětí se pak stupňovala s požadavky novodobé fyziky. Pro studium subatomických částic bylo zapotřebí získat vysoké napětí. Švýcarský fyzik Heinrich Greinacher v roce 1919 jako první navrhnul princip napětového násobiče. Později jeho techniku použili John Douglas Cockcroft a Ernest Thomas Sinton Walton a vytvořili napětí vyšší než 800 000 V [1].

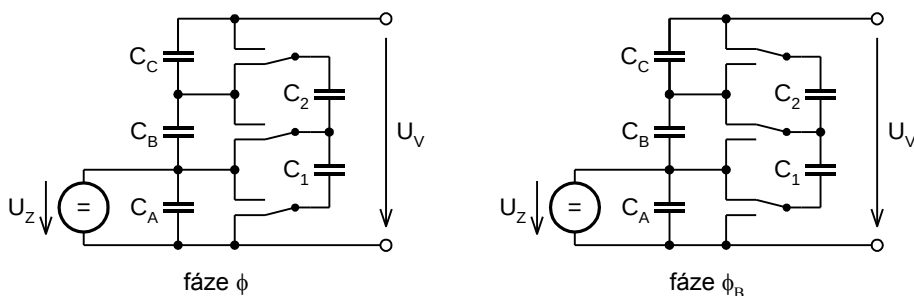
Schéma **Cockcroftova-Waltonova násobiče** je uvedeno na obrázku 1. Kondenzátory označené jako C_A , C_B a C_C jsou zapojeny do série. Všechny kondenzátory mají stejnou hodnotu kapacity C a kondenzátor C_A je připojen na svorky napájecího zdroje U_Z .

Ve fázi ϕ je kondenzátor C_1 připojen paralelně ke kondenzátoru C_A a nabíjí se na napětí U_Z .

Po přepnutí do fáze ϕ_B je kondenzátor C_1 připojen paralelně ke kondenzátoru C_B a proto dojde k rozdělení náboje tak, že oba kondenzátory budou mít nakonec napětí $\frac{U_Z}{2}$ za předpokladu, že mají oba kondenzátory stejnou kapacitu.

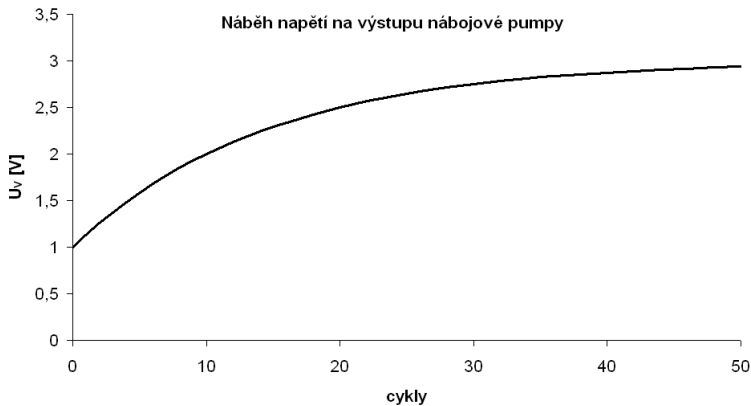
V dalším cyklu budou spojeny paralelně kondenzátory C_2 a C_B a výsledkem rozdělení náboje bude výsledné napětí hodnoty $\frac{U_Z}{4}$. Současně je kondenzátor C_1 opět nabit na napětí U_Z .

Je zřejmé, že pokud bude tento proces pokračovat dále, po několika cyklech dosáhne napětí na výstupních svorkách hodnoty $U_V = 3 \cdot U_Z$.



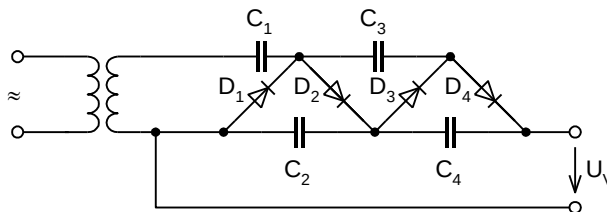
Obr. 1: Schéma zapojení Cockcroftova-Waltonova násobiče

Právě doba náběhu je jedním z omezujících faktorů použití nábojových pump, výsledek simulace Cockcroftova-Waltonova násobiče je uveden na obrázku 2. Předpokládá se $U_Z = 1 \text{ V}$, takže v ustáleném stavu bude platit: $U_V = 3 \cdot U_Z = 3 \text{ V}$.



Obr. 2: Graf náběhu napětí na výstupu nábojové pumpy (proloženo spojitou křivkou)

Patrně snaha o rychlejší náběh výstupního napětí vedla k tomu, že byly původní mechanické spínače nahrazeny aktivními prvky. Při použití diody jako spínače, muselo být připojeno střídavé napájecí napětí. Vzniklo tak známé zapojení upraveného Cockcroftova-Waltonova násobiče dle obrázku 3.



Obr. 3: Schéma zapojení Cockcroftova-Waltonova násobiče s diodami

Výsledné napětí v obvodu dle obrázku 3 je dáno dle [1]:

$$U_V = 2 \cdot N \cdot U_{PP} - U_Z \quad (1)$$

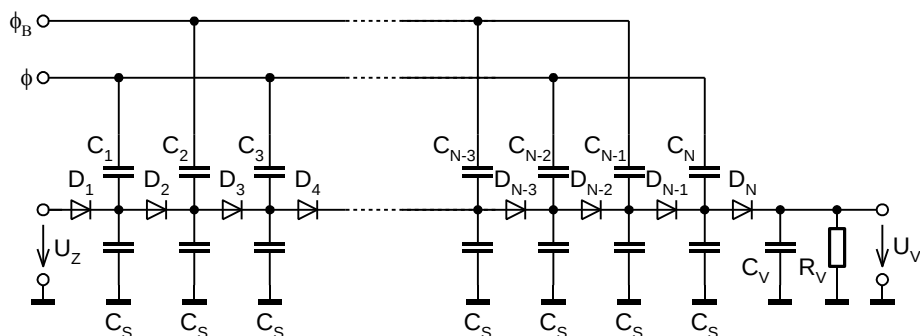
kde U_V je výstupní napětí, N je počet stupňů, U_{PP} je hodnota sekundárního napětí špička-špička (peak-to-peak) a U_Z respektuje pokles napětí způsobený připojením zátěže.

Hodnota kapacity kondenzátorů se musí volit tak vysoká, aby se překonala rozptylová parazitní kapacita každého uzlu. Proto tento typ násobiče neumožňuje integraci z důvodu, že kondenzátory realizované monoliticky dosahují kapacit maximálně jednotek pF.

Dicksonova nábojová pumpa

Z důvodu dříve zmíněných omezení navrhnul John F. Dickson násobič napětí dle obrázku 4. Uzly diodového řetězce jsou vázány na vstupy přes kondenzátory zapojené paralelně, takže kondenzátory musí odolávat plnému napětí, pro které je navržen diodový řetězec. S tím se musí počítat při realizaci v monolitické podobě.

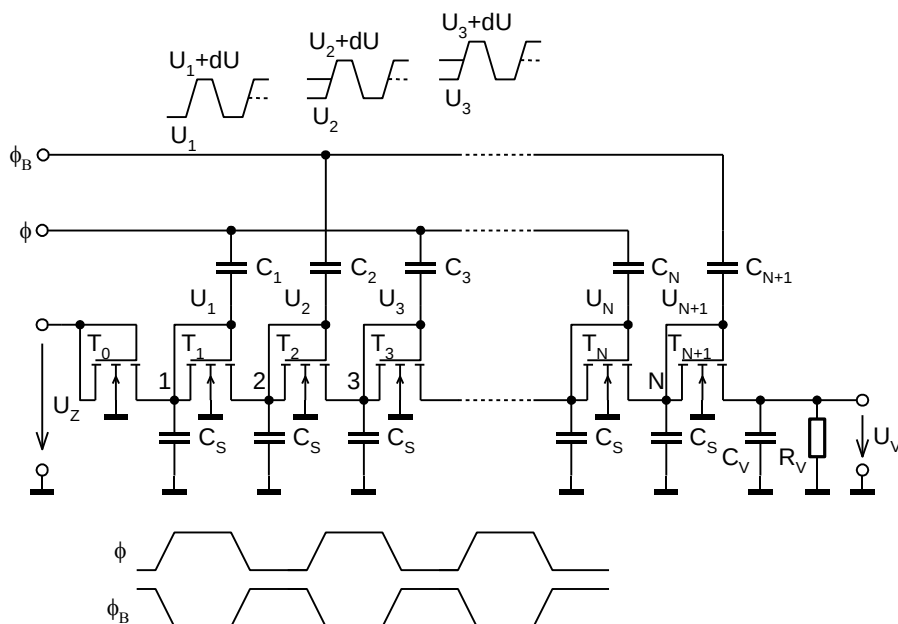
Hlavní výhodou Dicksonovy konfigurace je efektivní násobení napětí docílené s relativně vysokou hodnotou rozptylových kapacit C_S . Dále proudová zatížitelnost je nezávislá na počtu stupňů násobiče.



Obr. 4: Originální Dicksonova nábojová pumpa

Praktická implementace Dicksonovy nábojové pumpy používaná v nonvolativních pamětech je uvedena na obrázku 5. Jelikož v monolitické podobě nejsou izolované diody dostupné, jsou nyní nahrazeny „diodově zapojenými“ tranzistory NMOS (jsou spojeny elektrody G a D). Takže ve výpočtech místo propustného napětí diod uvažujeme prahové napětí (U_T) NMOS tranzistorů.

Na obrázku 5 je rovněž naznačena postupná „elevace“ napětí ve vybraných uzlech obvodu a dále průběh hodinových signálů.



Obr. 5: Implementace Dicksonovy nábojové pumpy pomocí NMOS

Jak je zřejmé z obrázku 5, jsou ϕ a ϕ_B dvoufázové hodinové signály s amplitudou U_ϕ , které jsou kapacitně vázány do střídajících se uzlů diodového řetězce. Hodiny zvyšují potenciální napětí náboje v po sobě jdoucích uzlech „pumpováním“ dávky náboje tím, že jsou vazební kondenzátory postupně nabíjeny a vybíjeny v průběhu každé poloviny hodinového cyklu.

Rozdílové napětí dU mezi uzly n a $n+1$ je dáno:

$$dU = U_{n+1} - U_n = U'_\phi - U_T \quad (2)$$

kde U'_ϕ je napětový zdvih každého uzlu způsobený kapacitní vazbou z hodinového signálu, U_T je prahové napětí.

Pro kapacitní dělič s vazební kapacitou C a rozptylovou kapacitou C_S lze napětový zdvih určit jako:

$$U'_\phi = \left(\frac{C}{C + C_S} \right) \cdot U_\phi \quad (3)$$

kde U'_ϕ je napětový zdvih, U_ϕ je amplituda napětí hodinového signálu.

Je-li ϕ na nízké úrovni a ϕ_B na vysoké úrovni, T_0 vede a T_1 je zavřený. Napětí uzlu 1 je $U_Z - U_T$. Když ϕ přejde na vysokou úroveň, platí:

$$U_1 = U_Z + (U'_\phi - U_T) \quad (4)$$

Pokud je ϕ_B v nízké úrovni vede, T_1 dokud napětí uzlu 2 nedosáhne hodnoty $U_2 = U_Z + (U'_\phi - U_T) - U_T$. Dále ve fázi ϕ v nízké úrovni a ϕ_B ve vysoké úrovni dosáhne napětí uzlu 2 hodnoty:

$$U_2 = U_Z + 2 \cdot (U'_\phi - U_T) \quad (5)$$

Pro výstupní napětí lze pak odvodit vztah (N je počet stupňů):

$$U_V = U_Z + N \cdot (U'_\phi - U_T) - U_T \quad (6)$$

dosazením hodnoty napětového zdvihu ze vztahu (3) nakonec dostaneme:

$$U_V = U_Z + N \cdot \left[\left(\frac{C}{C + C_S} \right) \cdot U_\phi - U_T \right] - U_T \quad (7)$$

Hlavní nevýhodou uvedeného zapojení je silný vliv napětí U_{SB} na prahové napětí U_T podle vztahu dle [1] (tedy tzv. „body-efekt“):

$$U_T = U_{T0} + \gamma (\sqrt{\phi_S + U_{SB}} - \sqrt{\phi_S}) \quad (8)$$

kde U_T je prahové napětí, U_{T0} je prahové napětí pro $U_{SB} = 0$, U_{SB} je hodnota napětí „source-body“, γ je koeficient „body-efektu“ a ϕ_S je povrchový potenciál.

Jak uvádí [1], dosahuje prahové napětí tranzistoru pro případ $U_{T0} = 0,08 \text{ V}$ a $U_{SB} = 15 \text{ V}$ hodnoty přesahující $U_T = 2,5 \text{ V}$.

Vliv „body-efektu“ je natolik výrazný, že vede k nutnosti zvýšit počet stupňů násobiče pro dosažení požadovaného napětí. V krajním případě existuje omezení celkového počtu tranzistorů, protože přidáním dalšího stupně se již výstupní napětí nepodaří zvýšit. Viz [1].

Základními možnostmi potlačení „body-efektu“ jsou dle [1], [6]:

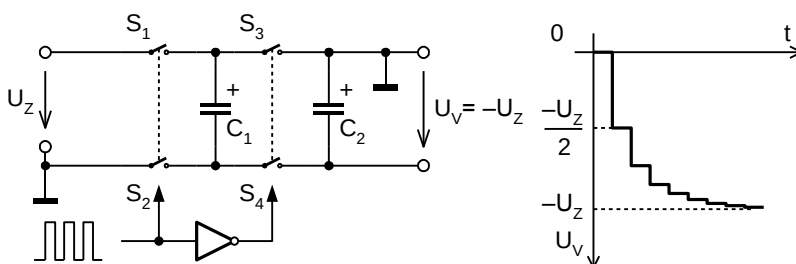
- použití 4fázové pumpy – jedná se o speciální 4fázové taktování pumpy, které zabraňuje poklesu zisku,
- použití vyššího taktovacího napětí – taktovací napětí $2\times$ až $4\times$ vyšší než vstupní napětí potlačí vliv zvýšeného prahového napětí,
- použití CTS schématu – do každého stupně se přidá jeden průchozí tranzistor, který je řízen signálem následujícího stupně (je v protifázi).

Hlavním smyslem použití Dicksonovy pumpy jsou aplikace vyžadující získání výrazně vyššího výstupního napětí proti napětí napájecímu. Níže si popíšeme konstrukčně jednodušší pumpu.

Invertor

Účelem invertoru je získat ze vstupního napětí kladné hodnoty stejně velké výstupní napětí záporné hodnoty. Invertor se obvykle používá pro napájení operačních zesilovačů, které vyžadují symetrický zdroj.

Principiální schéma zapojení invertoru je uvedeno na obrázku 6.



Obr. 6: Principiální schéma invertoru

Dva páry kontaktů jsou realizovány unipolárními tranzistory a ovládány komplementárními signály. V první půlperiodě se sepnou kontakty S_1 a S_2 , tím je kondenzátor C_1 připojen ke vstupnímu napětí a nabije se tedy na hodnotu U_Z . Ve druhé půlperiodě (ve [2] se mluví o přenosové půlperiodě) se sepnou kontakty S_3 a S_4 . V této chvíli se dávkovací [2] kondenzátor C_1 připojí paralelně ke střádacímu [2]

kondenzátoru C_2 . Předpokládejme, že před začátkem děje byl kondenzátor C_2 vybitý, pak za předpokladu $C = C_1 = C_2$ platí:

$$Q_1 = C \cdot U_Z, Q_2 = 0 \quad (9)$$

Po spojení kondenzátorů dojde k rozdělení náboje akumulovaného v kondenzátoru C_1 tak, že oba kondenzátory budou mít jak stejnou velikost náboje tak i napětí:

$$Q' = C \cdot U_Z + 0, Q'_1 = C \frac{U_Z}{2}, Q'_2 = C \frac{U_Z}{2} \quad (10)$$

V další půlperiodě se dávkovací kondenzátor C_1 nabije opět na napětí zdroje a v následující půlperiodě se oba kondenzátory podělí o své náboje. Jelikož z předchozího děje je v kondenzátoru C_2 akumulován náboj odpovídající polovině napětí zdroje, bude výsledkem rozdělení nábojů výstupní napětí velikostí tří čtvrtin napětí zdroje:

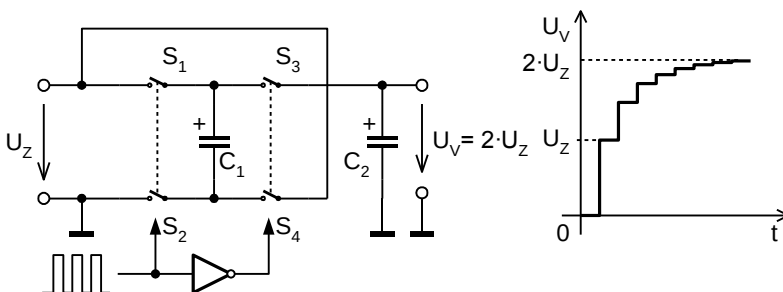
$$Q'' = C \cdot U_Z + C \frac{U_Z}{2}, Q''_1 = Q''_2 = C \frac{3 \cdot U_Z}{4} \quad (11)$$

Proces pokračuje dále, po ustálení dosáhne kondenzátor C_2 stejné hodnoty napětí jako má zdroj (viz obrázek 6 vpravo). Kondenzátor C_2 je k výstupním svorkám připojen tak, že kladný pól odpovídá zemi a záporný pól výstupu. Proto je výstupní napětí záporné.

Zdvojovač

Účelem zdvojovače je získat ze vstupního napětí kladné hodnoty dvojnásobně velké výstupní napětí.

Principiální schéma zapojení zdvojovače je uvedeno na obrázku 7.



Obr. 7: Principiální schéma zdvojovače

V první půlperiodě se sepnou kontakty S_1 a S_2 , tím je kondenzátor C_1 připojen ke vstupnímu napětí a nabije se tedy na hodnotu U_Z . Ve druhé půlperiodě se sepnou kontakty S_3 a S_4 . V této chvíli se dávkovací kondenzátor C_1 připojí sériově ke vstupnímu napětí a současně je toto sériové spojení připojeno paralelně ke střádacímu kondenzátoru C_2 . Střádací kondenzátor se jednak rozdělí o náboj

s dávkovacím kondenzátorem a současně se bude nabíjet ze vstupního zdroje, výsledný náboj a napětí střádacího kondenzátoru bude při předpokladu $C = C_1 = C_2$:

$$Q'_2 = C \frac{U_z}{2} + C \cdot U_z, U'_v = \frac{3}{2} U_z \quad (12)$$

V další periodě děj pokračuje, střádací kondenzátor dosáhne napětí:

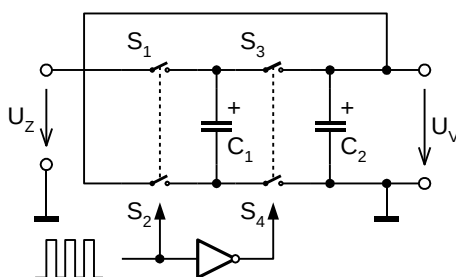
$$U''_v = \frac{7}{4} U_z \quad (13)$$

Proces pokračuje dále, po ustálení dosáhne kondenzátor C_2 dvojnásobné hodnoty napětí jako má zdroj (viz obrázek 7 vpravo).

Dělení vstupního napětí

Účelem děliče je získat ze vstupního napětí kladné hodnoty napětí nižší úrovně, takže se jedná o alternativu k lineárním stabilizátorům. Dělič na principu spínaných kondenzátorů se ale vyznačuje vyšší účinností.

Principiální schéma zapojení děliče je uvedeno na obrázku 8.



Obr. 8: Principiální schéma děliče

V první půlperiodě se sepnou kontakty S_1 a S_2 , tím jsou kondenzátory C_1 a C_2 připojeny sériově ke vstupnímu napětí. Napětí se na tomto kapacitním děliči rozdělí v obráceném poměru kapacit kondenzátorů. Uvažujme: $C = C_1 = C_2$, pak v této fázi platí:

$$U'_1 = \frac{1}{2} U_z, U'_2 = \frac{1}{2} U_z, Q'_1 = \frac{1}{2} C \cdot U_z, Q'_2 = \frac{1}{2} C \cdot U_z \quad (14)$$

Ve druhé půlperiodě se sepnou kontakty S_3 a S_4 . V této chvíli se dávkovací kondenzátor C_1 připojí paralelně ke střádacímu kondenzátoru C_2 .

Kondenzátory se podělí o náboje a výsledkem bude vyrovnání napětí:

$$Q'' = C \cdot U_z, U_v = \frac{Q''}{C_1 + C_2} = \frac{C \cdot U_z}{2 \cdot C} = \frac{1}{2} U_z \quad (15)$$

Problémy spojené s provozem

Provoz nábojových pump je spojen s těmito základními problémy:

- Náběh výstupního napětí – nábojová pumpa není schopna činnosti okamžitě, ale až po několika pracovních cyklech (viz obr. 2). Postupný náběh napětí může u některých obvodů způsobovat potíže (například nedefinovatelné chování mikrokontroléru napájeného nízkým napětím). Výrobci tento problém řeší signálem POWER GOOD, který informuje o dosažení požadované hodnoty výstupního napětí a může být například použit pro sepnutí řídicího tranzistoru.
- Zvlnění – spínaný systém vykazuje zvlnění. Jeho velikost je pochopitelně ovlivněna přepínacím kmitočtem a kapacitou použitých kondenzátorů. Ovšem vyšší pracovní kmitočet zvyšuje ztráty a kondenzátory vyšších kapacit zvyšují rozměry. Někteří výrobci kombinují nábojovou pumpu a nízkoubytkový stabilizátor (LDO) v pouzdře jednoho integrovaného obvodu. Podle [2] jsou běžně k dispozici takovéto pumpy se zvlněním pod 60 μV .
- Účinnost – oblast použití nábojových pump je pro menší proudy maximálně do stovek mA. Účinnost klesá s rostoucím kmitočtem (zvyšuje se vlastní spotřeba pumpy). Vyšší pracovní kmitočet však přináší výhody sníženého zvlnění (lze tedy použít kondenzátory nižších kapacit, které jsou menších rozměrů) a sníženého výstupního odporu. V [2] je uvedeno, že klasická nábojová pumpa ICL7660 dosahuje účinnosti až 98%.
- Vnitřní odpor – v ustáleném stavu lze nábojovou pumpu nahradit zdrojem napětí s vnitřním odporem. Velikost vnitřního odporu určuje jednak zvlnění (vyšší vnitřní odpor zajistí nižší zvlnění) a dále omezuje maximální výstupní proud. Velikost vnitřního odporu (tedy známý vztah pro ekvivalentní odpor spínaného kondenzátoru) je odvozena v [2] jako:

$$R_{\text{evk}} = \frac{1}{f_s \cdot C} \quad (16)$$

kde: C je kapacita spínaného kondenzátoru a f_s je přepínací kmitočet.

Z výše uvedeného je zřejmé, že není možno optimalizovat všechny parametry nábojové pumpy současně. Například požadavek sníženého vnitřního odporu vede na zvýšení pracovního kmitočtu nebo zvýšení kapacity použitých kondenzátorů. Tak se snižuje účinnost nebo rostou rozměry nábojové pumpy.

Konstrukční triky

- Neregulované pumpy jsou konstrukčně nejjednodušší, jejich výstupní napětí je však odvozeno jako zlomek nebo násobek napětí zdroje a není tudíž stabilizováno.
- Regulované pumpy umožňují dosažení předem stanovené hodnoty napětí. Regulace je dosaženo vynecháváním impulzů resp. změnou kmitočtu nebo změnou topologie pumpy dle požadovaného odběru (u snižovacích pump je obvyklé

přepínání dělicího poměru mezi 3 : 1, 2 : 1 a 1 : 1, u zvyšovacích pump přepínáním poměru 1 : 3 a 1 : 2 dle odebíraného proudu).

- Nízkého zvlnění se dosahuje buď kombinací pumpy a LDO, zvýšením odporu sepnutého kanálu $R_{DS(on)}$ změnou řídicího napětí tranzistoru v použitých spínačích [2], [4] nebo přidavným vyhlazovacím LC resp. RC článkem. Nábojová pumpa ADP3610 (viz [2]) snižuje zvlnění a zvyšuje výstupní proud zvláštní technikou paralelního chodu dvou dílčích nábojových pump. Pumpy používají společný střádací kondenzátor a pracují v protifázi. Tedy pokud první pumpa předává náboj z dávkovacího kondenzátoru, ve druhé se dávkovací kondenzátor zatím nabíjí. Celek pak pracuje na polovičním kmitočtu než jednočinná pumpa obdobných parametrů a přitom dosahuje vyšší účinnosti.

Závěr

Nábojové pumpy jsou nepostradatelnou součástí moderních elektronických zařízení, tento článek přinesl základní přehled používaných topologií s ohledem na jejich výhody i omezení.

Literatura

- [1] Pan, F., Samaddar, T.: Charge Pump Circuit Design, McGraw-Hill, New York, 2006, ISBN 0-07-147045-X.
- [2] Humlhans, J.: Nábojové pumpy, BEN – technická literatura, Praha, 2002, ISBN 80-7300-046-6.
- [3] Krejčířík, A.: DC/DC měniče, BEN – technická literatura, Praha, 2001, ISBN 80-7300-045-8.
- [4] A Simple Model for DC/DC Charge Pumps (AN-113.2006.06.1.0), Advanced Analogic Technologies, Inc.
- [5] Starzyk, J. A., Jan, Y.-W., QiuA, F.: DC–DC Charge Pump Design Based on Voltage Doublers, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS—I: FUNDAMENTAL THEORY AND APPLICATIONS, VOL. 48, NO. 3, MARCH 2001.
- [6] Shin, J., Chung, I.-Y., Park, Y. J., Min, H. S.: A New Charge Pump Without Degradation in Threshold Voltage Due to Body Effect IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, VOL. 35, NO. 8, AUGUST 2000.

The Charge Pumps

Abstract

The aim of the article is to inform about usage, design and limits of charge pumps. The article presents different topologies of charge pumps, summarizes their properties and introduces construction limits. In the main focus there is Dickson Charge Pump. Simpler circuits (e.g. inverter, doubler and divider) are discussed, too. The end of the article summarizes the key parameters of the charge pump, including the methods that designers use for their optimization.

Key words

Charge Pump, DC/DC converter, multiplier, Dickson Charge Pump, diode-connected transistor, body-effect, inverter, doubler, dosing capacitor, accumulator capacitor.

Kontaktní údaje

Ing. David Matoušek
Katedra elektrotechniky a informatiky VŠPJ
Tolstého 16, 586 01 Jihlava
e-mail: matousek@vspj.cz

K odstranění slepé doby digitálních osciloskopů

Bohumil Brtník

Vysoká škola polytechnická Jihlava

Abstrakt

Digitální osciloskopy klasické konstrukce se vyznačují tím, že v jejich činnosti lze rozeznat dvě základní fáze: sběr dat a zobrazení dat, doprovázené jejich eventuálním přepočtem. Během zobrazování se data odpovídající vstupnímu signálu neukládají, takže nejsou k dispozici pro zobrazení. Osciloskop je tedy po tuto dobu tak říkajíc „slepý“. Rozbor této slepé doby a některé možnosti její co možná největší eliminace jsou popsány na následujících řádcích.

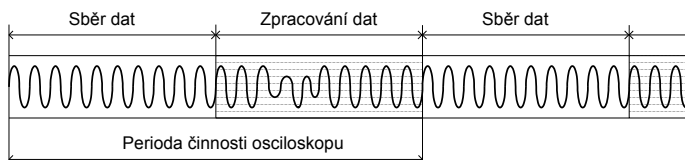
Klíčová slova

Sběr dat, zobrazení dat, přepočet dat, slepá doba, analogově-digitální a digitálně-analogový převod.

Úvod

Nepochybné výhody digitálních osciloskopů jsou od počátku provázeny i jejich podstatnými nevýhodami, nejzávažnější z nich je přitom jistě relativně velmi pomalé vzorkování. S tím úzce souvisí i zobrazení, které je podstatně jiné nežli u analogových osciloskopů: buďto bodové anebo se (zcela) neadekvátní interpolací. Tyto problémy se částečně vyřešily s vývojem technologie, který vedl ke zvýšení rychlosti analogově-digitálních převodníků, a tím umožnil i vznik tzv. Digital Real Time (krátce DRT) osciloskopů.

Digitální osciloskopy na rozdíl od osciloskopů analogových nezobrazují signál přímo, ale vždy až na základě jeho rekonstrukce ze vzorků, uložených nejprve do paměti. Lze tedy v činnosti číslicového osciloskopu rozeznat dvě základní fáze jeho činnosti, a to fázi sběru dat a fázi zobrazení dat, spojenou navíc s jejich eventuálním přepočtem, jak je znázorněno na obr. 1. Období sběru dat přitom zahrnuje vzorkování vstupního signálu, vyjádření velikosti (výšky) vzorku číslem, které se uloží do paměti dat na adresu generovanou v bloku sběru dat.



Obr. 1 K pojmu „slepá doba“ osciloskopu

Pro velikost paměti, do níž se vzorky ukládají, platí přitom jednoduchý vztah (1):

$$\text{velikost_pameti} = (\text{vzorkovaci_frekvence}) \cdot (\text{pocet_dilku_obrazovky}) \cdot (\text{nastaveni_casove_zakladny}) \quad (1)$$

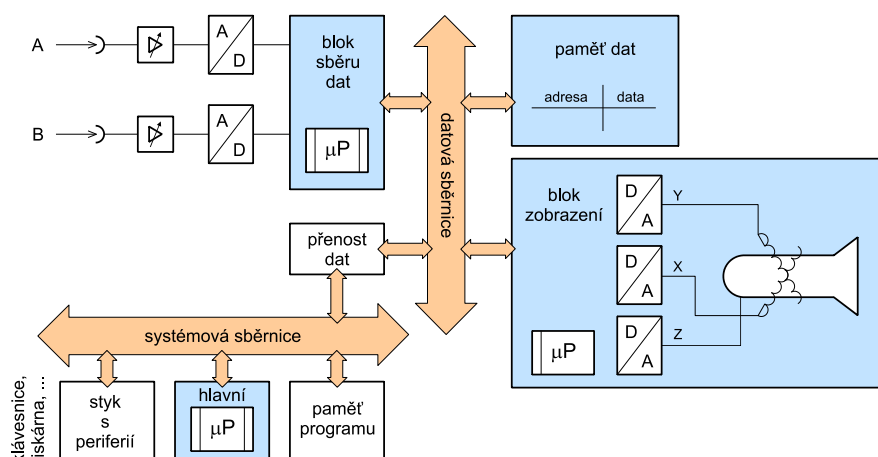
Například tedy při vzorkovací frekvenci 1GSa/s, obrazovce s 10 dílky po 5μs/díl bude paměť mít $1 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 50 \cdot 10^3$ bajtů [6].

Během zpracování dat se však vzorky vstupního signálu neukládají do paměti, protože nyní do ní přistupuje mikroprocesor bloku zobrazení, realizující zobrazování uložených vzorků, anebo hlavní mikroprocesor, realizující eventuální přepočty vzorků (tedy nejrozšířeněji výpočet napětí anebo spektra měřeného signálu) [3]. Tato doba trvá typicky několik milisekund, další zápis do paměti je pak možný až po uplynutí tohoto času. To působí problémy jak při měření dlouhotrvajících signálů, tak i (krátkodobých) poruch. Pokud se tedy ve vstupním signálu vyskytne v tomto časovém intervalu jednorázová událost, zůstane nezachycena, takovýto číslicový osciloskop je po dobu zpracování dat „slepý“ [4]. Jde tedy v podstatě o obdobu stavu, který vzniká u vícekanalových analogových osciloskopů nacházejících se v režimu ALT.

Pokud tedy uvažíme číslicový osciloskop v podstatě možno říci dnes již klasické konstrukce, kde v signálové cestě jsou mikroprocesory [1], [2], jejíž architektura je reprezentována jeho zjednodušeným blokovým schématem nakresleným na obr. 2, je činnost během periody zobrazení dat realizována mikroprocesorem bloku zobrazení.

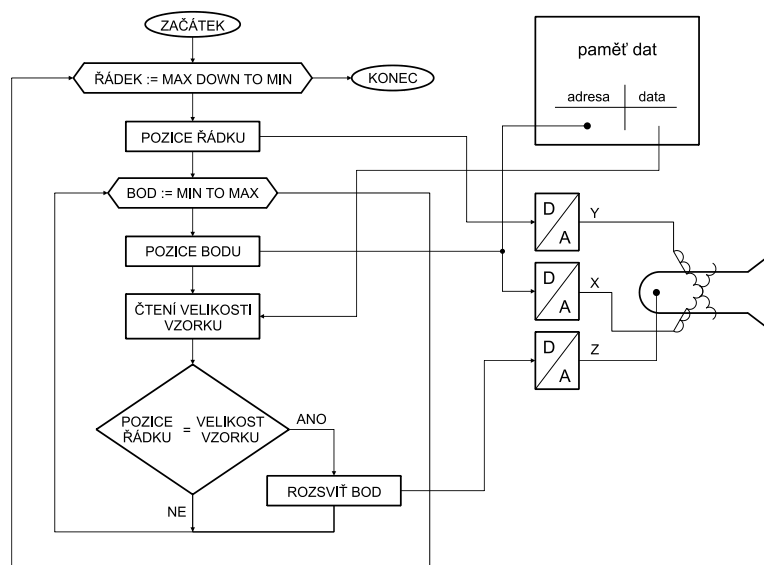
Kvalita číslicových osciloskopů se pak projevuje zejména při zachycování jednorázových neperiodických jevů. Signál do paměti se zapisuje průběžně, po jejím naplnění se nejstarší uložená data přepisují novými vzorky zobrazovaného signálu. Spouštěcí impuls přitom s jistým zpožděním vyvolá přerušení zápisu, takže v paměti zůstává uložen děj i před příchodem jevu vyvolávajícího spouštění, který proto může být zobrazen taktéž.

Technika programování spočívající ve vyslání adresy instrukce, čtení instrukce, dekodování instrukce, vyslání adresy dat, čtení dat a zpracování dat v aritmeticko-logické jednotce však zavádí do zpracování všechny nevýhody mikroprocesorové techniky, tj. zejména značnou časovou náročnost, danou níže popsaným instrukčním cyklem. Tím se ovšem tzv. „slepá doba“ osciloskopu prodlužuje. Přitom však vlastní algoritmus zobrazení dat lze v nejjednodušším případě popsat vývojovým diagramem, nakresleným na obr. 3 pro případ osciloskopu se zobrazením na monochromatické obrazovce, na níž běží tzv. televizní rozklad.



Obr. 2 Blokové schéma číslicového osciloskopu

Zde vlastní ovládání jasu bodu se děje přímo na základě porovnání aktuální polohy řádku s velikostí adresovaného vzorku přečteného z paměti, které realizuje mikroprocesor v bloku zobrazení dat.



Obr. 3 Algoritmus činnosti mikroprocesoru při zobrazení dat a jeho vazby s periferiemi

Zmenšení slepé doby využitím programovatelných logických polí

Z vývojového diagramu na obr. 3 je patrné, že vlastní vyhodnocení toho, zda bod na obrazovce má svítit či nikoli bude provádět program, který bude porovnávat aktuální polohu řádku obrazovky, na níž běží tzv. televizní rozklad, s velikostí aktuálně

adresovaného vzorku, tedy vzorku o adrese odpovídající poloze bodu v řádku, a bude proto obsahovat (mimo jiné i) následující instrukce mikroprocesoru:

:

MOV A, pozice řádku

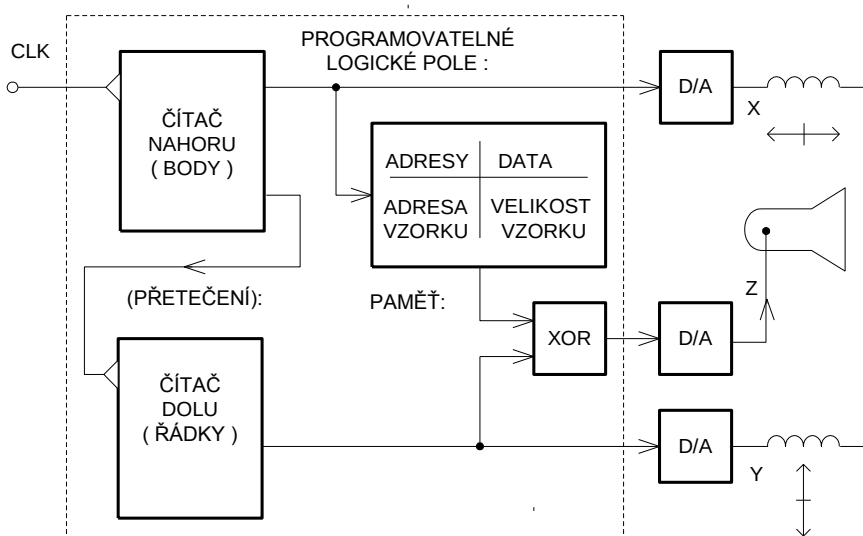
SUB A, velikost vzorku

JNZ adresa

MOV port, #rozsvícení bodu

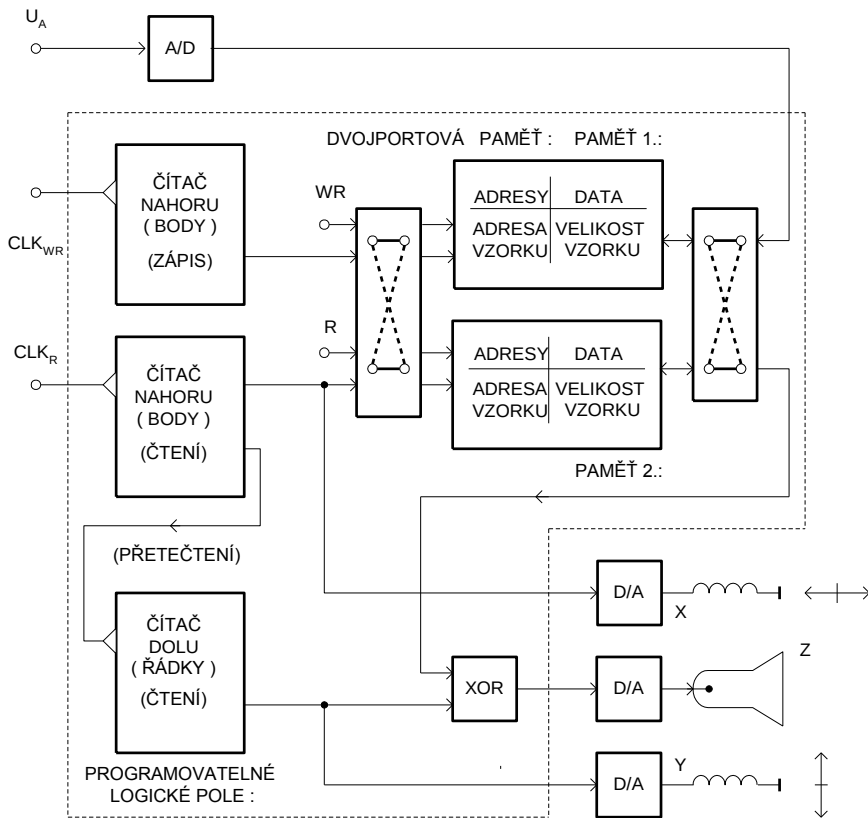
adresa: :

Přitom však vlastní porovnání se může vykonat mnohem snadněji a rychleji v kombinačním obvodu, realizujícím logickou funkci výlučné nebo (tj. XOR), kdy na jedny vstupy obvodů XOR se přivádí datové slovo udávající pozici řádku a na druhé vstupy pak velikost vzorku z paměti. Výstupy obvodů XOR jsou přivedeny na vstup obvodu NOR, na jehož výstupu se v případě souhlasu pozice řádku a velikosti vzorku objeví logická jednička, vyvolávající přes digitálně-analogový převodník rozsvícení bodu, jak je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4 Realizace algoritmu programovatelným logickým polem

Přitom také vlastní adresy bodů mohou být snadno generovány čítačem čítajícím nahoru (CU) a adresy řádků dalším čítačem čítajícím dolů (CD). Každé naplnění čítače bodů tak vyvolává snížení obsahu čítače řádků o jedničku. Výstup čítače řádků se vede do digitálně-analogového převodníku, na jehož výstupu je koncový stupeň svislého vychylování, výstup čítače bodů se vede jednak jako adresa do paměti a jednak i do digitálně-analogového převodníku, na jehož výstupu je koncový stupeň vodorovného vychylování. Pak každý hodinový impuls vyvolává vyhodnocení zobrazení jednoho bodu, přičemž frekvence hodinových impulsů může být vysoká, neboť je omezena pouze dobou zpoždění použitých obvodů.



Obr. 6 Minimalizace slepé doby paralelním zpracováním

Jak je z obr. 6 jasně patrné, pro úplnou eliminaci slepé doby by měl být kmitočet hodinových impulsů čtení CLK_R tolikrát větší nežli je kmitočet hodinových impulsů zápisu do paměti CLK_{WR} , z kolika řádků je obrázek složen.

Vlastní realizace je možná opět programovatelným logickým polem spolupracujícím s tzv. dvojportovou pamětí umožňující současně zápis i čtení.

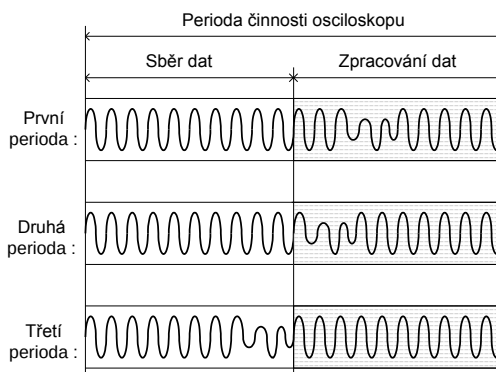
Zachycení jednorázové události jako statistická veličina

Vlivem slepé doby se u číslicových osciloskopů tedy stává zachycení náhodně se opakujících nepravidelností v periodickém signálu statistickou veličinou.

Označí-li se v obr. 1 doba sběru dat T_S , doba periody činnosti osciloskopu T_P (tj. vlastně převrácená hodnota rychlosti sběru dat), pak pro míru chybovosti N (tj. počet náhodně se vyskytujících nepravidelností – poruch – v měřeném signálu za dobu 1 sekundy) při pravděpodobnosti zachycení těchto chyb P je potřebná doba měření t dána vztahem (2).

$$t = \frac{\log(1-P)}{\frac{1}{T_p} \cdot \log(1-N \cdot T_s)} \quad (2)$$

Například pro pravděpodobnost 99,99% (tj. $P=0,9999$) zachycení 10 chyb vyskytujících se náhodně během jedné sekundy bude při $T_s=100\text{ns}$ a rychlosti sběru dat 100 000 vzorků za sekundu potřebná doba měření 1 minuta a 9 sekund.



Obr. 7 Ilustrace vztahu (2) kdy zobrazení náhodné události v periodickém signálu je veličinou statistickou

Graficky tuto skutečnost ilustruje obr. 7, z něhož je patrné, že až teprve při třetí periodě činnosti číslicového osciloskopu se ve fázi sběru dat nepravdivost v průběhu harmonického signálu dostane až do analogově-číslcového převodníku a až nyní tudíž může být uložena do paměti a následně zobrazena.



Obr. 8 Zobrazení v režimu obálka

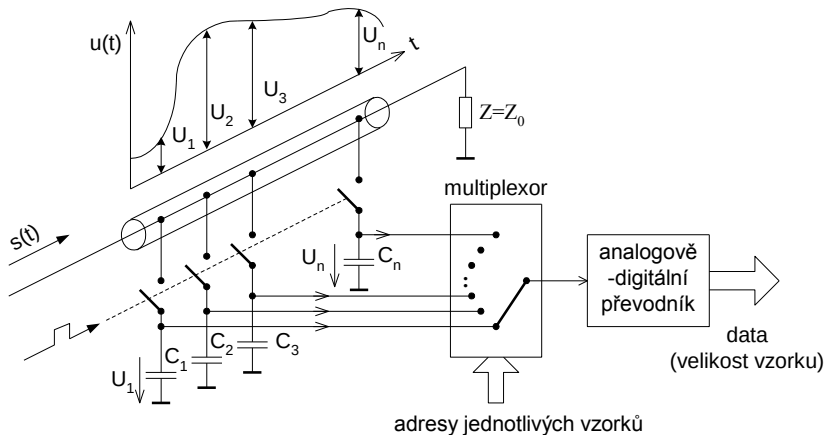
Jinou otázkou je, v jakém režimu je tato nepravdivost zobrazena: v režimu ENVELOPE (obálka) se zobrazuje celé pásmo napětí mezi krajními hodnotami, ve kterých se napětí signálu pohybuje, jak to ukazuje obr. 8. Z uvedeného rozboru plyne, že je velmi nevhodné zapínat v takovýchto případech režim tzv. průměrování, neboť pak se zobrazí téměř sinusový signál, když průměrováním z mnoha period se v jediné periodě jednorázově se vyskytující nepravdivost potlačí.

Tím je zároveň dána i důležitost jednotlivých režimů činnosti číslicových osciloskopů.

Slepá doba při měření signálů velmi vysokých frekvencí

Zcela jinou otázkou je pak zobrazení signálů velmi vysokých frekvencí digitálním osciloskopem. Zde se uplatní zejména malá rychlost analogově-digitálního převodníku, jejíž vliv se obchází naopak podstatným prodloužením slepé doby. Typicky má

osciloskop vedení, do něhož se přivádí signál $s(t)$ a ke kterému se na okamžik připojuje spínači ovládanými vzorkovacím impulsem sada paměťových kapacitorů C_1 až C_n , jak je znázorněno na obr. 9. Tyto kapacitory si během tohoto svého krátkodobého připojení k vedení zapamatují vzorky napětí U_1 až U_n , která se pak přes multiplexor postupně přivádějí jedno po druhém na analogově-digitální převodník, na jehož výstupu se již objevují data, reprezentující velikost jednotlivých vzorků napětí, která se po doplnění adresami konečně ukládají do paměti.



Obr. 9 Princip sběru dat u osciloskopů pro velmi vysoké frekvence

Z obr. 9 je tedy zcela evidentní, že v tomto případě je doba, po kterou trvá fáze sběru dat nepatrná, o mnoho řádů kratší nežli v předchozích případech. Jak je totiž patrné, trvá fáze sběru dat pouze tu dobu t , po kterou se vlna napětí U dostane od začátku na konec vedení s charakteristickou impedancí Z_0 . Tato doba je dána vztahem (3)

$$t = \frac{l}{v} = \frac{k \cdot l}{3 \cdot 10^8} \quad (3)$$

kde l je délka vedení, v rychlost šíření a k činitel zkrácení.

Provést synchronizaci vzorkování na jednorázový signál je obtížné. V těchto případech se na ošetření slepé doby a dořešení problematiky s tím spojené teprve čeká.

Jinou možností je pak snížit vysokou frekvenci tak, že se signál rozdělí do dílčích frekvenčních pásem sadou filtrů typu pásmová propust, tato jednotlivá pásma se směřováním převedou do oblastí nízkých frekvencí, kde je každé z těchto pásem převáděno svým vlastním analogově-digitálním převodníkem. Toto řešení však ke zkrácení slepé doby nevede, neboť data ze všech analogově-digitálních převodníků je třeba do paměti dat zapsat, což trvá tolikrát delší dobu, kolik těchto převodníků je (resp. do kolika pásem se frekvenční oblast měřeného signálu rozkládá).

Závěr

Vlivem toho, že digitální osciloskopy nezobrazují nikdy aktuální signál, ale jeho rekonstrukci ze vzorků, dochází tedy k mnoha problémům. Asi nejzávažnější z nich spočívá v tom, že uživatel má možnost zvolit typ proložení vzorků křivkou, takže při malém počtu vzorků si vlastně definuje uživatel tvar signálu sám. Pokud jej nezná, může dojít k fatálním chybám, pokud jej zná, pak si proložení zvolí správně, ale je otázkou nakolik je nutno ještě takovýto časový průběh znázorňovat.

Jedním z dalších je též i existence tzv. slepé doby [4], [7]. Zatímco spustit synchronizaci od jednorázového impulsu není problém, neboť v posloupnosti dat se takový impuls razantně projeví například takto:

(0000 0000), (0000 0000), (0000 0000), (0000 1000), (0000 1000), (0000 0000)

najít nepravidelnost v periodickém signálu vyžaduje obecně značný výpočetní výkon procesoru. V případě synchronního odběru vzorků, kdy posloupnost dat může mít následující tvar:

(0000 1000), (0100 0000), (1000 0000), (0100 0000), (0000 1000), (0000 0010)

je to relativně snadné, ale při asynchronním vzorkování

(0000 1000), (0100 0000), (1000 0000), (0011 000), (0000 0111), (0000 0010)

je to již značný problém. Zobrazení nepravidelnosti v signálu se tak stává náhodnou veličinou.

Sama skutečnost, že problematika slepé doby je nyní v literatuře diskutována, svědčí o tom, že vývoj v oblasti konstrukce digitálních osciloskopů stále trvá. Pokud se tak děje zřídka, je to způsobeno spíše neochotou výrobců otevřeně probírat, že jejich osciloskopy mají „slepou dobu“ trvající 90 % i déle [4], [5]. Zatímco zpočátku stačilo, že digitální osciloskop zobrazoval signál, který při dodržení vzorkovacího teorému do jisté míry i reprezentoval signál vstupní, a obrázek přitom bylo možno uložit či jej vytisknout (zatímco u analogových osciloskopů se fotografoval), začínají se postupně objevovat i značné problémy digitálních osciloskopů a hledá se jejich řešení.

Účelem tohoto článku bylo poukázat na náhradu mikroprocesorů programovatelnými logickými poli, což se nyní děje za účelem eliminace nevýhodných vlastností mikroprocesorů. V moderních osciloskopech se proto zpracování signálů děje programovatelnými logickými poli.

Nepochybně se v budoucnu objeví i celá řada jiných problémů měření signálů digitálními osciloskopy, které bude nutno vyřešit. Je proto důležité se s danou problematikou seznamovat a zabývat, neboť její případné (a to i pouze teoretické) vyřešení by bylo zajisté velkým přínosem.

Literatura

- [1] Ďaďo, S.: Syntéza měřicích přístrojů. Vybrané metody digitalizace a zpracování signálů. Skriptum ČVUT Praha. ES ČVUT Praha 1997.

- [2] Ďaďo, S., Vedral, J.: Číslicové měření. Přístroje a metody. Skriptum ČVUT Praha. Vydavatelství ČVUT Praha 2006
- [3] Seibt, A. Osciloskopy od A do Z . HEL Ostrava 2000.
- [4] Stichelen, A., V.: Slepá doba digitálních osciloskopů a její vliv na rychlé měření. Sdělovací technika 3, 2011, str. 32-34.
- [5] Osciloskopy GW Instek řady GDS-3000. Sdělovací technika 11, 2010, str. 46-47.
- [6] Uhlíř, J., Sovka, P., Čmela, R.: Úvod do číslicového zpracování signálů. Skriptum ČVUT Praha. Vydavatelství ČVUT Praha 2003.
- [7] Analýza vestavěných systémů s využitím osciloskopů. Sdělovací technika 11, 2011, str. 58-59.

Removal of the Dead Time of the Digital Oscilloscope

Abstract

Digital oscilloscopes of the classic design are characterized by the fact that their activities can recognize two basic following phases: data collection and data display, accompanied by their eventual conversion. While displaying the data corresponding to the input signal saved, so they are not available for viewing.

The oscilloscope is during this time so to speak, "blind". Analysis of this dead time, and some possibilities of its greatest possible elimination are discussed in this paper.

Key words

Data collection, data display, data conversion, dead time, analog-digital and digital-analog conversion.

Kontaktní údaje

Bohumil Brtník, ing. Dr.
Vysoká škola polytechnická
Tolstého 16
586 01 Jihlava
tel.: 567 141 119
e-mail: brtnik@vspj.cz

Manažerské rozhodování v marketingu

František Smrčka

Vysoká škola polytechnická Jihlava

Abstrakt

Ve většině marketingových informačních systémů se zapisují marketingové aktivity do žurnálu marketingových aktivit. Na základě těchto přístupů jednotlivých uživatelů systému se sestavuje žurnál marketingové firmy, vypovídající o zpracovaných a zpracovávaných marketingových případech. To dává managementu firmy vhodná doporučení vedoucí k optimalizaci marketingových případů a služeb. Při počítačovém zpracování vyhodnocení aktivit je nutné sestavit kolekci aplikací podle potřeb marketingového managementu. Tyto aplikace budou postaveny na servisně orientované architektuře.

Klíčová slova

Marketing, marketingová firma, marketingový případ, žurnál, marketingová aktivita, manažerské rozhodování

Úvod

Každá marketingová firma se musí při svém chodu zabývat též správou jednotlivých dílčích oblastí, v nichž se dá docílit určité úrovně řízení marketingových aktivit. Z tohoto důvodu můžeme provést následující dílčí členění managementu marketingové firmy:

- Management CRM (Customer Management Relationship) a marketing
- Management ERP (Enterprise Resource Planning)

Se systémem ERP systém CRM velice úzce souvisí, protože například po úspěšném uzavření jednání se zákazníkem je nutné vytvořit fakturu, která je již záležitostí ERP systému.

Pod pojmem marketingová firma se rozumí obchodně výrobní podnik, který provádí zároveň i marketing výrobků nebo služeb, které nabízí.

Pokud se ve firmě využívá marketingový nebo CRM systém, tento systém je schopný ukládat deskriptivní data marketingových případů do své báze dat. Na základě těchto deskriptivních údajů lze provádět důležité analýzy a predikce marketingových činností, kdy je snahou na základě chování klienta dopředu usuzovat o jeho potřebách a nabízet mu tak adekvátní produkt ve formě marketingové služby v okamžiku, kdy si ho žádá. Takto se může snížit prodleva mezi klientským dotazem a odpovědí ze strany marketingového manažera. Aby se tohoto docílilo, je nutné znát metriky jednotlivých služeb, marketingových případů a v neposlední řadě též charakteristiku práce a činností

zákazníka. Na popis chování zákazníka a jeho predikci lze použít přístupu, který nabízí umělá inteligence pro popis soustavy a následnou predikci dalšího chování za účelem optimalizace.

Zpracování deskriptivních dat marketingových případů

Vhodnou formou uložené instance deskriptivních dat marketingových služeb a případů do báze dat můžeme následně dále zpracovávat a vyhodnocovat. Je to nutný krok umožňující analýzu jednotlivých služeb, vedoucí k sestavování žurnálových zpráv pro management a ve výsledku k optimalizaci jednotlivých marketingových případů.

Vzhledem k uvedeným závěrům zpracování deskriptivních dat reálných marketingových případů a jejich služeb můžeme zamýšlené operace nad bází dat rozčlenit do tří skupin. V jednotlivých skupinách potom můžeme definovat ještě další dílčí operace, které patří do business intelligence:

1. Zkoumání reálných marketingových případů, případně jejich dílčích vlastností.
2. Zkoumání marketingových aktivit managementu marketingové firmy.
3. Vytváření žurnálu marketingových aktivit za stanovené období.

Operace v první skupině pracují nad celými reálnými marketingovými případy, respektive nad jejich dílčími službami. Druhá skupina operací zkoumá marketingovou aktivitu managementu v mnoha možných směrech jejich souvislostí s případy resp. službami. Třetí skupina operací přinese komplexní pohled na marketingovou aktivitu firmy na základě časově omezených aktivit, které jsou důležitým zdrojem pro vyhodnocení náročnosti prováděné marketingové aktivity. Jednotlivé operace jsou vysvětleny v následujícím textu.

Marketingový případ

Aktivity marketingové firmy jsou založeny na běžných procesních množinách ERP, SCM, CRM a dalších, přičemž čistě marketingové procesy jsou vlastně výrobními procesy marketingové firmy a patří do ERP množiny. Marketingové procesy se vyskytují ve stabilních, často používaných řetězcích, které můžeme považovat za marketingové služby. Neodmítá se ani členění řetězce na grupy a jejich ustanovení za marketingové služby. Takto chápané a logicky ucelené služby jsou potom poskytovány zákazníkům. Jsou časté případy, kdy se zákazníkovi poskytuje posloupnost marketingových služeb, čímž vlastně vzniká ucelená posloupnost služeb, tj. marketingový případ. Zajímavé je to, že za vedení marketingového případu je odpovědný marketingový manažer a marketingový systém musí vést jisté informace o jeho průběhu.

Standardní marketingové případy

Jsou to de facto pracovní postupy, které jsou adekvátně optimalizované a pokud jsou splněny počáteční podmínky, tak se v daném časovém intervalu též zrealizují jejich instance, a to až do úplného zakončení marketingového případu. Standardní

marketingový případ působí jako idealizace reálných marketingových případů. V marketingovém systému může být standardních marketingových případů několik desítek. Následující definice formalizuje zavedení pojmu standardního marketingového případu.

Definice 1:

Standardní marketingový případ (SMP) je marketingový případ spojitě probíhající od svého zahájení až po regulérní ukončení. Jeho zápis je ve tvaru:

$$\text{SMP} = (s_0, s_1, \dots, s_{n+1}),$$

kde s_0 je zahajující služba, s_{n+1} zase ukončovací, služby $s_1, \dots, s_n$ jsou výkonné marketingové služby.

Standardní marketingové případy jsou složeny ze služeb náležících do jedné z následujících množin:

- množina **I** inicializačních služeb (služby, které zahajují činnost případu),
- množina **E** ukončujících služeb (tyto služby ukončují marketingový případ,
- množina **F** výkonných marketingových služeb (služby, které nenáleží ani do jedné z předchozích množin).

Je tedy zřejmé, že množina P všech služeb ve standardním marketingovém případě je potom dána obecným vztahem

$$P \subseteq I \cup E \cup F.$$

Standardní marketingové případy lze znázornit síťovým ohodnoceným grafem G_{SMP} , na jehož počátku je zahajovací služba, na konci služba ukončovací a mezi nimi jsou služby výkonné.

Popis každého uzlu síťového grafu může být sestaven z informací, které popisují standardní vzorový charakter služby (např. vzorová vícerozměrná metrika, typ služby). V síťovém orientovaném grafu mohou existovat různé orientované cesty dané povahou algoritmů větvení se služeb. Tato reprezentace standardních marketingových případů se potom může objevit v jejich dokumentaci.

Praxe potvrzuje, že standardních marketingových případů je v každé marketingové firmě konečný počet, dokonce mnohé z nich mohou mít charakter typovosti.

Reálné marketingové případy

Reálné marketingové případy (RMP) však svůj průběh nemají tak ideální jako marketingové případy standardní (viz dále odlišnosti v metrikách výkonných služeb a celého RMP od jeho vzoru SMP). Mnohdy v určité fázi marketingového případu může dojít k pozastavení služby z důvodu synchronizačních problémů se službou, od které se žádá spolupráce, kvůli absenci hodnot na vstupu nebo popřípadě je služba po určité době svého běhu úplně zrušena a prohlášena za neefektivní. Každý reálný marketingový případ je asociován (sdružen) s právě jediným standardním marketingovým případem.

Následující definice vystihuje jeden z relevantních charakterů reálného marketingového případu.

Definice 2:

Reálný marketingový případ RMP je jedním z výskytů standardního marketingového případu.

Je zřejmé, že reálné marketingové případy mohou obsahovat služby z více procesních množin, než jejich marketingové standardy. Postihuje se tak reálný běh marketingových případů a jsou rozšířením výše definovaných množin spadajících pod SMP. V úvahu připadají následující množiny pomocných služeb:

- množina S (suspend) služeb, které dočasně pozastavují celý reálný marketingový případ,
- množina R (resume) služeb, které obnovují pokračování reálného marketingového případu,
- množina C (cancel) služeb, které ruší celý reálný marketingový případ.

Množiny I , E , F , S , R a C jsou množinami konečnými. Můžeme tedy psát, že $\bigcup_{Q \in \{I, E, F, S, R, C\}} Q$ je výslednou množinou služeb reálných marketingových případů.

Ačkoliv služby typu R , S a C budou probíhat pomocí jistých pravidel, přesto jejich složení pro všechny reálné marketingové případy nejsou stejné.

Definice 3:

Reálným marketingovým případem RMP rozumíme uspořádanou posloupnost marketingových služeb $s_0, s_1, \dots, s_m, s_{m+1}$ a píšeme

$$RMP = (s_0, s_1, \dots, s_{m+1}),$$

přičemž $n \leq m$, kde n je počet výkonných marketingových služeb v asociovaném standardním marketingovém případě.

Ptejme se, na čem je založena asociace jistého reálného marketingového případu s jediným standardním marketingovým případem? Pro zodpovězení otázky je použit obecný aparát množin a operací nad nimi.

Jestliže

$$Q_p = I \cup E \cup F$$

je množina všech služeb standardního marketingového případu p , potom reálný marketingový případ r je s ním asociován tehdy a jen tehdy, když pro množinu všech jeho služeb Q_r platí

$$Q_p = Q_r - (R \cup S \cup C).$$

Jako druhou možnost specifikace relace asociace jistého reálného marketingového případu s jediným standardním marketingovým případem nabízím použití izomorfности grafů G'_r a G_p , přičemž G'_r vznikne tak, že z grafu G_r odstraníme incidenční hrany a uzly odpovídající službám z množiny $R \cup S \cup C$.

Následující definice zavádí pojem regulární instance jistého RMP_i k danému SMP_i . Definice využívají množinovou algebru a izomorfismus grafů.

Definice 4:

Jestliže platí

$$Q_p = Q_r - (R \cup S \cup C),$$

potom r je regulární reálný marketingový případ asociovaný se standardním marketingovým případem p .

Jestliže grafy G'_r a G_p jsou izomorfní potom reálný marketingový případ r je regulární reálný marketingový případ asociovaný se standardním marketingovým případem p .

Jinými slovy regulární reálný marketingový případ obsahuje nejen služby ze svého asociovaného standardního marketingového případu.

Stavy marketingových případů

Reálný marketingový případ RMP , který má být instancí jednoho ze standardních marketingových případů, nemusí ovšem být marketingovou firmou přijat vždy za přijatelnou ekonomicky výhodnou instanci.

Nepřijetí RMP může být zaviněno:

- nesprávným řetězením jeho pomocných a ostatních služeb (tzv. syntaxe),
- zařazením nevhodné služby, která není ze vzorového SMP ,
- porušením nákladových metrik dílčích služeb,
- porušením celkové metriky vzorového SMP .

Všechny uvedené případy mohou marketingové firmě vyvolat nepříjemné problémy. Pojednejme nejdříve o prověrce správné následnosti-zřetězení služeb v RMP . Každý standardní marketingový případ p je přesně popsán seznamem uzlů a hran nebo vhodně zvolenou incidenční maticí M (incidence mezi uzly a hranami anebo incidence daná následností uzlů) svého síťového grafu G_p . Ovšem pořadí služeb z množin C , S a R je u RMP stanoveno praxí reálných marketingových případů a proto je prověrka, že reálný marketingový případ má přijatelnou posloupnost služeb důležitá. V dalším se problém přijatelné syntaxe pokusíme rozhodnout pomocí následujícího tvrzení.

Tvrzení 1:

Každý reálný marketingový případ

$$RMP = (s_0, s_1, \dots, s_{m+1})$$

o službách z množin I, F, E, C, S a R je syntaxně správný pro množinu pomocných služeb, jestliže řetězec $s_0, s_1, \dots, s_{m+1}$ je přijat konečným deterministickým automatem A.

Důkaz tvrzení je dán následující konstrukcí automatu A.

stav		Konečný automat A						 množiny vstupních procesů
↓		I	F	E	C	S	R	
Zahájení 1.....		2	0	0	0	0	0	
Pokračování 2.....		0	2	6	5	3	0	
Dočasné přerušení 3...		0	0	6	5	0	4	 matice přechodů
Opětovné zahájení 4...		0	2	6	5	3	0	mezi stavy, stav 0 je
Zrušení 5.....		0	0	0	0	0	0	nepřípustným stavem
Ukončení 6.....		0	0	0	0	0	0	

Obrázek 1 Konečný deterministický automat pro prověrku syntaxe pomocných služeb (Smrčka, Mišovič, 2009)

Tento automat je ovšem slabý pro rozhodnutí přijatosti/nepřijatosti celkové syntaxe reálného marketingového případu marketingovou firmou. Je potřebné pro každý standardní marketingový případ sestavit specifický konečný automat s kostrou ve tvaru uvedeném v tabulce 1 (Smrčka, Mišovič, 2009).

Tabulka 1 Konečný deterministický automat pro prověrku syntaxe všech služeb, pomocných a výkonných

Stav	s_0	s_1	s_2	→	s_{m+1}	C	S	R
0	1	-	-		-	c	-	-
1	-	2	-		-	c	1	1
2	-	-	3		-	c	2	2
↓								
m+1	-	-	-		e	c	m+1	m+1
c-cancel					-	-	-	-
e-end					-	-	-	-

Znak pomlčka „-“, na obrázku znamená nepřípustný stav.

Zkoumání aktivit managementu marketingové firmy

V této skupině bychom mohli definovat následující relevantní operace, které jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Relevantní operace

Pořadí	Operace	Popis
1	Vytvoření množiny V	Výběr z báze dat jen instancí deskriptivních dat marketingových případů vybraného typu a všech instancí deskriptivních dat reálných služeb
2	Zřetězení instancí	Vytvoření řetězců deskriptivních dat reprezentujících různé RMP daného typu
3	Četnost daného typu RMP	Zjištění počtu řetězců za jisté časové období
4	Stav RMP daného typu	Které nebo kolik RMP daného typu ve stavech: zahájený, přerušovaný, zrušený, řádně ukončený
5	Metriky RMP daného typu	Jaké jsou hodnoty metrik, které byly naměřeny vzhledem k metrice SMP stejného typu případu
6	Vyšetřování metrik dílčích služeb	Jaký je vztah naměřených metrik dílčích služeb daného typu RMP vůči metrikám asociovaných standardních služeb

Opět je možné jednotlivé operace vhodně minimalizovat, což ukazuje tabulka 3.

Tabulka 3 Minimalizace relevantních operací

Pořadí	Operace	Popis
1	Případy s kterými je marketingový manažer spojen	Seznam případů, které daný marketingový manažer řídí a jejich současný stav (spuštěný, ukončený, zrušený)
2	Případy s kterými je manažer spojen, četnost výskytu	Výskyt případů za zvolené časové období
3	Zkoumání metrik případů vedených marketingovým manažerem	Za jisté období lze vyhodnotit metriky případů vedených daným marketingovým manažerem vůči typu asociovaného SMP
4	Zkoumání metrik služeb řízených marketingovým manažerem	Za jisté období lze vyhodnotit pohyb naměřených metrik služeb, které marketingový manažer řídil

Vytváření žurnálu marketingových aktivit

Žurnál marketingových aktivit lze sestavit za celou marketingovou firmu, za její sekce, oddělení resp. za jednotlivé manažery. Důležité je přitom uplatnění časového období. Žurnály je možno sestavit z báze na základě jejího vhodného prohlédnutí. Operace, které můžeme navrhnout, obsahuje následující tabulka (Smrčka, 2009).

Tabulka 3 Žurnál marketingových aktivit

číslo	Operace	Popis
1	Žurnál marketingových aktivit marketingové firmy	Vyšetří se všechny instance RMP (přes všechny typy) a sestaví se časový přehled s četností podle typů. Zveřejní se náklady za jisté období
2	Žurnál marketingových aktivit za sekci/oddělení	Vyšetří se všechny instance RMP (přes všechny typy) a sestaví se časový přehled s četností podle typů, zveřejní se náklady za jisté období, ale jen pro sekci/oddělení
3	Žurnál marketingových aktivit za konkrétního marketingového manažera	Vyšetří se všechny instance RMP (přes všechny typy) a sestaví se časový přehled s četností podle typů, zveřejní se náklad za jisté období, ale jen pro jednoho marketingového manažera

Pro manažerské marketingové rozhodování je velmi podstatné vyhodnocovat zejména právě zpracovávané marketingové případy. Na základě vyhodnocení počátku zahájení marketingového případu (zahajovací služba) ve spojení s chybějícím údajem o ukončení (ukončovací služba) můžeme znázornit spotřebovaný čas marketingovým případem. Tento údaj můžeme dát do spojitosti s jeho časovou metrikou, standardní dobou trvání a vyhodnotit tak jeho efektivitu, popřípadě určit předpokládaný konec. Může se stát, že nákladová metrika se blíží limitní mezi a není pro marketingovou firmu finančně výhodné v marketingovém případě pokračovat, v tomto případě se provede zastavení RMP a zvolí se taková alternativa, která umožní dosáhnout předem definovaného cíle. Je zřejmé, že jednotlivé operace dříve uvedené tabulky lze vhodně vizualizovat pomocí vybraných typů grafu (např. sloupcových), což je vidět na následujících třech příkladech.

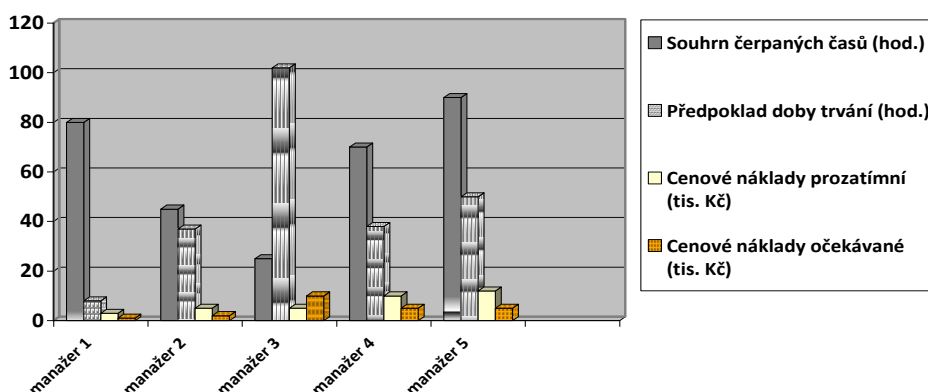
Za pomoci operace zřetězení můžeme vyčlenit všechny marketingové případy iniciované v daném roce jedním konkrétním manažerem a provádět jejich vyhodnocení. Na základě použití operace slučitelnosti RMP můžeme posuzovat počet spuštěných instancí od téhož SMP. Pokud vybereme pro posouzení množinu všech SMP, dostaneme ve výsledku všechny vytvořené instance těchto SMP ve formě RMP.

Pokud použijeme další operaci slučitelnosti a to konkrétně na stejného marketingového manažera, získáme deskriptivní data všech marketingových služeb a případů, jež daný manažer inicioval a řídil. V tento okamžik, když máme nachystány obě dvě množiny spjaté společným činitelem, můžeme použít t-zřetězení a ve výsledku dostaneme všechny instance marketingových případů vycházející ze SMP, jejichž iniciátorem je daný marketingový manažer.

Pokud se toto vyhodnocení provede pro více manažerů, může se posuzovat počet iniciovaných marketingových případů, celkový spotřebovaný čas, průměrně spotřebovaný čas na jeden marketingový případ, zda byla překročena tolerance metriky, kolik bylo marketingových případů pozastaveno, či zrušeno a vyvozovat tak závěry o kvalitě marketingového manažera.

Příklad 3

Revize spočtených a očekávaných hodnot RMP v daném měsíci

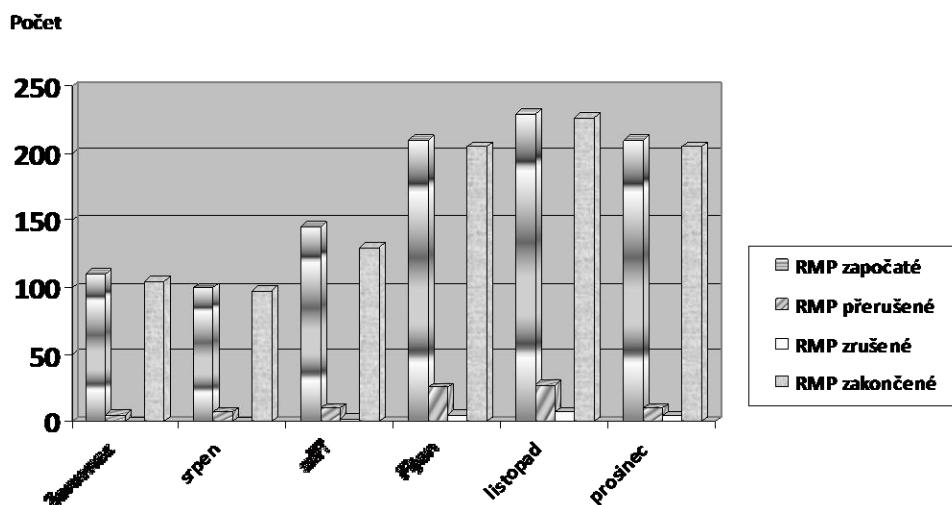


Graf 1 Sledování RMP marketingové firmy za stanovené časové období

Na grafu 1 jsou patrné počty započatých, přerušených, zrušených a zdárně završených RMP v marketingové firmě. Dlouhodobé provádění sledování marketingových případů a jejich manažerského dohledu může posloužit k reengineeringu mnoha marketingových služeb.

Příklad 4

V grafu 2 je znázorněna revize marketingových případů v daných měsících. Je zde shrnuta časová náročnost již zpracovávaných marketingových případů, a pokud ještě ne všechny marketingové případy byly ukončeny, tak je zde odhad časové náročnosti vedoucí k jejich zakončení. Obdobně lze takto posuzovat již zřejmé náklady na jejich realizaci s odhadem nákladů na jejich dokončení.



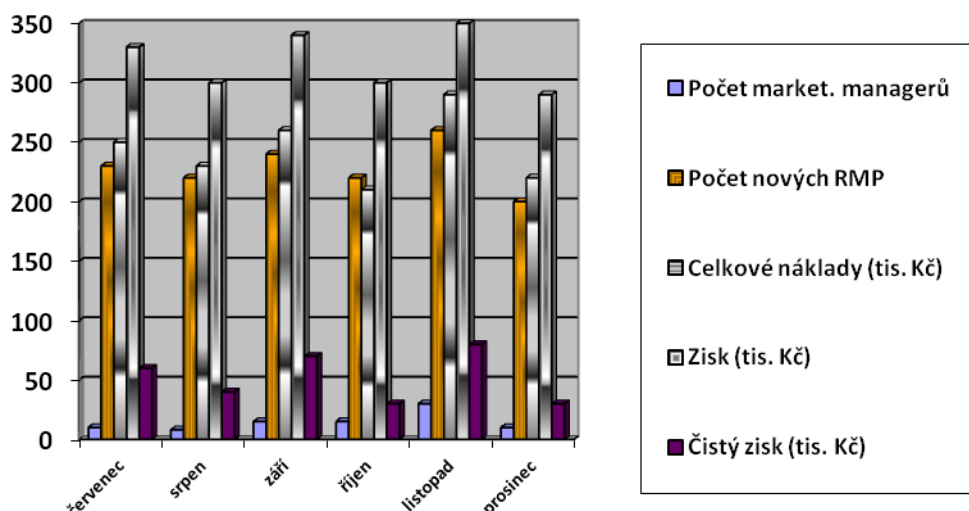
Graf 2 Vyhodnocení metrik SMP pro více marketingových manažerů za období jednoho měsíce

Jak bylo popsáno, lze vyhodnocovat jak chování celé marketingové firmy jako celku poskytujícím marketingové služby realizováním marketingových případů, tak i aktivitu jednotlivců, tedy konkrétních marketingových manažerů, řídících marketingové případy resp. marketingové služby. Hodnotících kritérií může být celá řada.

Za další nezastupitelné rozhodovací kritérium při posuzování rentabilnosti poskytované poradenské služby se považuje ekonomická analýza. Zde na základě zhodnocení dílčích nákladů a zisku, ve spojení s počtem jednotlivých marketingových manažerů řídících marketingové případy, resp. marketingové služby a realizovaných marketingových případů, můžeme formulovat závěry směřující k optimalizaci marketingových aktivit a k dosahování zisku firmy působící v marketingovém segmentu.

Příklad 5

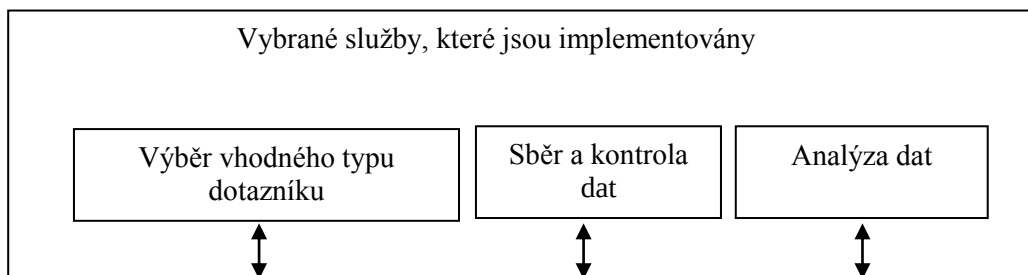
Následující graf 3 je částí žurnálové zprávy popisující ekonomické chování marketingové firmy v daném časovém údobí na základě sledování marketingových případů.



Graf 3 Vyhodnocení tržních charakteristik marketingové firmy

Příklad praktické realizace pro službu marketingový výzkum

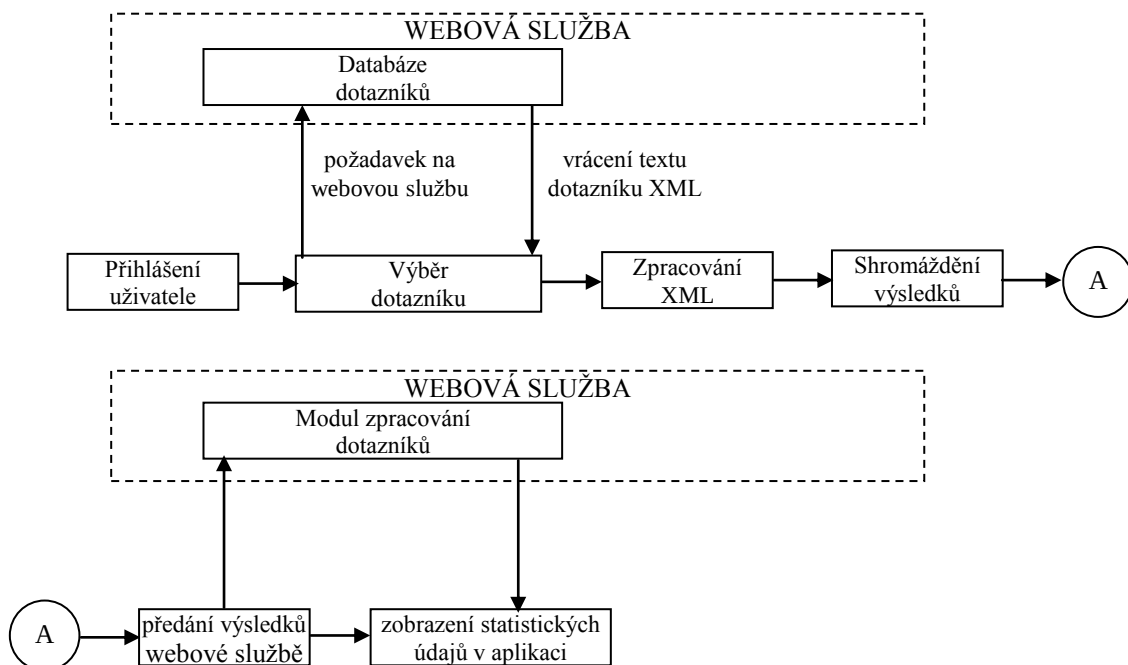
Pro praktickou ukázkou servisně orientovaného řešení části procesní logiky marketingu a naprogramování byl vybrán marketingový výzkum. Pro vytvoření služeb byly vybrány tyto procesy: Výběr vhodného typu dotazníku – první služba, Sběr a kontrola dat – druhá služba a Analýza dat – třetí služba. Tyto služby jsou naprogramovány jako služby webové. Poskytované služby ukazuje obrázek 3.



Obrázek 3 Poskytované služby

Vše je naprogramováno na platformě .NET v programovacím jazyku C#. K tomu byla využita technologie webové služby. Použití webové služby má však nedostatky v tom, že se prakticky chová jako funkce a tedy není možné přímo v ní používat GUI (Graphical User Interface), přestože grafické rozhraní představuje jednu ze základních vrstev každého složitějšího programového vybavení.

Aplikace by mohla být programována jako windows aplikace nebo webová aplikace. V těchto případech by se se ztrácela možnost bezproblémové integrace s ostatními balíčky informačního systému podniku. Z těchto důvodů byla navržena aplikace zvolená jako SOA (Service-oriented architecture) a naprogramována s využitím webových služeb. Celá aplikace se skládá ze dvou částí. Jsou to webová služba a webová aplikace. Webová služba obsahuje důležité služby: poskytnutí různých dotazníků ve formátu XML a statistické zpracování vyplněného dotazníku (Smrčka, 2009).



Obrázek 5 Schematické znázornění naprogramované aplikace

Závěr

Článek se zabývá přístupy k vyhodnocení aktivit marketingové firmy. Na základě těchto přístupů se sestavuje žurnál marketingové firmy, vypovídající o zpracovaných a zpracovávaných marketingových případech, dávající managementu firmy vhodná doporučení vedoucí k optimalizaci marketingových případů a služeb. Byly naznačeny některé z dílčích možností vlastního vyhodnocování a demonstrovány na třech ukázkových příkladech. V komputelizaci vyhodnocení aktivit by bylo nutné sestavit kolekci aplikací podle potřeb marketingového managementu, postavených ovšem na servisně orientované architektuře. Pro praxi je důležité ukládat deskriptivní data marketingových služeb a případů do báze dat a následně dále zpracovávat a vyhodnocovat. Výsledky vyhodnocování pak slouží pro další rozhodování managementu firmy. Pro prověrku syntaxe všech služeb (pomocných a výkonných) je použit konečný deterministický automat.

Literatura

- [1] ALSBURY, A – ROS, J. *Marketing, to nejlepší z praxe*. 1. vydání. Praha: Computer Press, 2002. 280 s. ISBN 80-7226-617-9.
- [2] BEBR, R - DOUCEK, P. *Informační systémy pro podporu manažerské práce*. 1. vydání. Praha: professional publishing, 2005. 223 s. ISBN 80-86419-79-7.
- [3] BOUČKOVÁ, J. a jiní. *Marketing*. 1. vydání. Praha: C. H. Beck, 2003. 432 s. ISBN 80-7179-577-1.
- [4] CHLEBOVSKÝ, V. *CRM řízení vztahů se zákazníky*. 1. vydání. Praha: Computer Press, 2005. 190 s. ISBN 80-251-0798-1.
- [5] MIŠOVIČ, M. Poradenské procesy a jejich deskriptivní data. Mezinárodní časopis Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis, 2005 sv. LIII, č. 6, s.109-118. MZLU v Brně. ISSN 1211-8516.
- [6] MIŠOVIČ, M. – TRENZ, O. - SMRČKA, F. *Studie k problematice vyhodnocování podnikových aktivit*. PEF MZLU, Ústav informatiky, Brno. Brno: MZLU Brno, 2009.
- [7] MIŠOVIČ, M.: *Podnikový informační systém a GUI jeho aplikačního software*. In Sborník prací z mezinárodní vědecké konference Agrární perspektivy XVI. 1. vyd., Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007, s. 781-792. ISBN 80-213-1531-8.
- [8] SMRČKA, František. *Marketing obchodního podniku a ICT pro realizaci marketingových služeb*. Jihlava, 2009. 134 s. Dizertační práce. Mendlova univerzita v Brně.
- [9] SMRČKA, F.- MIŠOVIČ, M. *Analýza marketingových případů*. In Firma a konkurenční prostředí 2007. Sekce 6. IS/IT a konkurenceschopnost podniků. MSD, spol. s r. o., 2007, s. 72-76. ISBN 978-80-86633-88-6.
- [10] SMRČKA, F. - MIŠOVIČ, M. *Formalizace marketingových služeb a marketingových případů*. In Firma a konkurenční prostředí. PEF MZLU Brno. Brno: MZLU Brno, 2009. s. 105. ISBN 978-80-7392-088-3.
- [11] UČEŇ, P. a jiní. *Metriky v informatice. Jak objektivně zjistit přínosy informačního systému*. 1. vydání. Praha: GRADA, 2002. ISBN 8024700808.

Managerial Decision-Making Operation

Abstract

Marketing activities are witting in journal marketing activity in most cases. Be based on these access of single users the marketing company journal is compiled, it predicates about processed and processing marketing cases. It offers of the company management suitable reference.

It implies marketing cases and services optimization. In computer process evaluation of activities is necessary compile set applications according to marketing management requirements. These applications will be created in Service-Oriented Architecture.

Key words

Marketing, marketingová firmy, marketingový případ, žurnál, marketingová aktivita, manažerské rozhodování

Kontaktní údaje

PaedDr. František Smrčka, Ph.D.
Vysoká škola polytechnická Jihlava
Katedra elektrotechniky a informatiky
Tolstého 16, 586 01 Jihlava
Tel. +420 567 141 129
e-mail: smrcka@vspj.cz

Analýza stakeholderů malých a středních podniků

Marie Slabá, Vendula Simotová

Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Abstrakt

Hospodářská krize přinesla celou řadu problémů všem ekonomickým subjektům, které musí čelit ještě tvrdšímu konkurenčnímu prostředí než kdykoli předtím. Proto je třeba hledat nové možnosti a aktivity, které by firmy zapojily do svých strategií. Jednou z klíčových aktivit každé firmy by měla být analýza primárních skupin stakeholderů vnitřního i vnějšího prostředí firmy, jejichž důležitost v současném turbulentním prostředí neustále roste. Identifikace klíčových skupin stakeholderů a správná efektivní komunikace s hlavními stakeholdery společnosti se stává významnou konkurenční výhodou jakéhokoliv tržního subjektu. Tento článek je zaměřen na možnosti využití nového progresivního směru stakeholder management a analýzu klíčových skupin stakeholderů malých a středních podniků, které je možno efektivně využít v komerční praxi.

Klíčová slova

Stakeholder, malé a střední podniky, základní skupiny stakeholderů, analýza skupin stakeholderů

Úvod

Veškeré podnikatelské subjekty, tedy i malé a střední podniky, byly do značné míry ovlivněny celosvětovou hospodářskou krizí, která byla následkem hypoteční krize v USA. Ta ovlivnila především oblast bankovního sektoru, který se dlouho potýkal s nedostatečnou úrovní likvidity. Důsledkem krize byly problémy celé řady finančních institucí (bank i pojišťoven), což se negativně promítlo i do českého hospodářství a průmyslu.

Malé i střední podniky čelí mnohem tvrdšímu konkurenčnímu boji než kdykoli předtím. Hledání nových cest a konkurenčních výhod, které je možné nabídnout cílovým segmentům, jejichž přání a potřeby firmy uspokojují, se stalo prioritou řízení nejen této kategorie podniků. Ve snaze splnit očekávání cílových trhů, však celá řada firem velice často opomíjí i další klíčové skupiny stakeholderů (v domácí literatuře se často setkáváme s českým ekvivalentem zájmová skupina). Jedním z klíčových prvků marketingového řízení je vztahový marketing, jenž je velice úzce s problematikou řízení vztahů se stakeholdery provázán. Moderní marketingové řízení se nezaměřuje pouze na tradiční řízení vztahů se zákazníky (Customer relationship management –

dále jen CRM), ale také právě na problematiku řízení vztahů se stakeholdery (Stakeholder relationship management – dále jen SRM) [7].

V soudobé literatuře se stále více setkáváme s novým progresivním směrem stakeholder managementem, který představuje celkový proces, poskytující strategický rámec pro identifikaci a řízení klíčových stakeholderů a všech vztahů i vzájemných vlivů, které v rámci vzájemného působení organizací a jejich stakeholderů vznikají [4].

Pro každý podnikatelský subjekt je v současné době velice důležité vytváření, budování a udržování trvalých, kvalitních a dlouhodobých vztahů se všemi klíčovými zákazníky i subjekty v okolí podniku – tedy stakeholdery, kteří mohou přímo či nepřímo ovlivňovat nejen okolí a prostředí, v němž se subjekt pohybuje, ale i úspěch jednotlivých jeho aktivit [7], [5]. Vybudování těchto vztahů vyžaduje přesné pochopení základních charakteristik jednotlivých skupin stakeholderů. Pro pochopení těchto charakteristik a stanovení primárních skupin stakeholderů malých a středních podniků je vhodné využívat analýzu skupin stakeholderů.

Ústředním tématem tohoto článku je tedy právě analýza klíčových skupin stakeholderů malých a středních podniků.

Materiál, metody a základní hypotézy

Přístup ke strategiím z pohledu stakeholder managementu se začal objevovat přibližně v polovině osmdesátých let, kdy byla publikována práce R. Edwarda Freemana *Strategic Management - A Stakeholder Approach* [2], [4]. Tato převratná práce se stala důležitým mezníkem v oblasti stakeholder managementu a zároveň přinesla zvýšený zájem o tento obor.

Samotná myšlenka stakeholder managementu však nebyla zcela nová. Slovo stakeholder se poprvé objevilo v pracích Stanfordského výzkumného institutu (Stanford Research Institute) již v letech šedesátých a dále jej pak ve svých pracích využívali například Igor Ansoff, či Robert Stewart. [2]

Ze strategického přístupu ke stakeholderům se postupně vyvinula ucelená koncepce stakeholder managementu. Celá řada autorů (Weaver, Bourne, Freeman, Mc Vea, Chinyio a mnozí další¹), ale i současná praxe, poukazují na to, že jak interní, tak i externí stakeholderi jsou životně důležití pro každou instituci, či firmu bez rozdílu odvětví, velikosti či zaměření. Důvodem je zejména neustále se zostřující konkurence, zvyšování informovanosti zákazníků vlivem rozvoje informačních technologií, ale také stále turbulentnější prostředí a doznívající světová hospodářská krize.

Základní idea řízení vztahů se stakeholdery je velmi jednoduchá. Dle Freemana [1] „je podnikání možné chápat jako soubor vztahů mezi skupinami, které mají podíl na aktivitách, představujících podnikání dané instituce, či instituci samu. Samotné

¹ Např. Weaver, Bourne – Concepts for a stakeholder circle management tool, Bourne - Stakeholder Relationship Management Maturity, Freeman - 1984 *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Freeman, McVea - *Stakeholder Approach to Strategic Management*, Chinyio - *Construction Stakeholder Management*

podnikání je pak možné, z pohledu stakeholder managementu, považovat za způsob, jakým dochází k vzájemné interakci a vytváření hodnoty mezi zákazníky, dodavateli, zaměstnanci, vlastníky, akcionáři, jinými finančními stakeholdery, komunitou, manažery a dalšími skupinami stakeholderů. Pro úspěch jakékoli instituce je třeba pochopit, jak tyto vztahy pracují.“

Jak bylo naznačeno v úvodu, stakeholder management je v současné době považován za velice progresivní a důležitý přístup pro efektivní řízení komerčních i nekomerčních subjektů. Jaká je však znalost této problematiky a samotného termínu u představitelů malých a středních podniků v České republice? Pracují i tyto podnikatelské subjekty s klíčovými skupinami stakeholderů, které jsou pro jejich činnosti neopomenutelné? Na jaké skupiny stakeholderů se pak tyto typy podniků primárně zaměřují? Které z těchto skupin považují za prioritní z hlediska vlastního řízení a konkurenceschopnosti? Na tyto a další otázky se bude snažit odpovědět následující kapitola, kde jsou prezentovány částečné výsledky pilotního výzkumu prováděného na vzorku třiceti vybraných podnikatelských subjektů (postup výběru viz část vlastní výzkum níže v textu) náležejících právě do zmíněné kategorie malých a středních podniků.

Základní pojmy

Obecně lze říci, že primárním cílem stakeholder managementu je řízení vztahů se stakeholdery se záměrem motivovat je k takovému chování, které podporuje cíle podniku, a zároveň minimalizovat negativní dopad jejich chování na podnik [4].

Analýzu stakeholderů je možné chápat jako strukturovaný přístup k identifikaci a pochopení stakeholderů [3]. Analýza stakeholderů je primárním výchozím bodem stakeholder managementu.

Vlastní analýza zahrnuje 3 základní kroky [4]:

1. Identifikace veškerých skupin stakeholderů.
2. Mapování důležitých charakteristik těchto skupin.
3. Stanovení priorit z hlediska jejich významnosti pro podnik.

Samotné stakeholdery (neboli zájmové skupiny) můžeme definovat jako: „takové skupiny a jednotlivce, kteří mohou ovlivnit cíle a účel organizace, nebo jsou ovlivňováni dosažením účelu organizace“. [1]

Vlastní výzkum

Cílem pilotního výzkumu autorek bylo ověřit skutečnost, zda je využívána oblast stakeholder managementu v podnikové praxi, konkrétně na úrovni malých a středních podniků. Hlavní důraz byl kladen nejen na provedení analýzy základních skupin stakeholderů a stanovení těch nejdůležitějších z hlediska priorit pro malé a střední podniky (dle klasifikace přijaté Evropskou komisí).

Základní výzkumné otázky byly zaměřeny na následující oblasti:

- znalost pojmu stakeholder (zájmová skupina),
- určení důležitosti řízení vztahů se stakeholdery pro malé a střední podnikání,
- identifikace jednotlivých skupin stakeholderů,
- stanovení priority jednotlivých skupin stakeholderů.

Do pilotáže bylo zařazeno 30 různých malých a středních podniků z oblasti výroby, služeb i obchodu. Podmínkou zařazení do pilotního průzkumu byla tedy velikost podniku, vyjádřená počtem zaměstnanců dle klasifikace Evropské komise pro malé a střední podniky, a oblast podnikání. Jako respondenti byly zvoleny osoby, u nichž se předpokládá zájem na zkoumané problematice, alespoň částečná znalost zkoumané oblasti a kontakt se stanovenými skupinami stakeholderů. Jednalo se tedy především o manažery vybraných podniků. Výběrový vzorek byl stanoven kvazireprezentativní, a to konkrétně záměrnou technikou. Jmenovitě bylo přistoupeno ke kombinaci kvótního výběru a výběru úsudkového. Metoda úsudkového výběru se odrazila ve volbě oslovených respondentů. Dle pravidel kvótního výběru pak byla stanovena skupina kontrolních znaků, které měly zaručit reprezentativnost výběru. Kontrolní znaky odpovídají základním charakteristikám respondentů.

Stanovené výchozí hypotézy

Před zahájením testování, byly stanoveny na základě rešerše odborných zdrojů 3 základní hypotézy, které měly být vlastním výzkumem ověřeny.

Hypotéza 1: Řízení vztahu se stakeholdery (zájmovými skupinami) je považováno malými a středními podniky za důležitý nástroj řízení (tedy nástroj, kterému přikládají malé a střední podniky určitou váhu při rozhodování, přičemž konkrétní výše této váhy závisí na rozhodovateli)

Hypotéza 2: Malé a střední podniky se zaměřují v rámci řízení vztahu s klíčovými stakeholdery na následující skupiny:

- dodavatele,
- finanční instituce,
- konkurenci,
- management (vedení společnosti),
- média,
- místní komunitu,
- orgány státní správy a samosprávy,
- zákazníky,
- zaměstnance.

Stanovení relevantních skupin stakeholderů v hypotéze 2 bylo provedeno na základě rešerše nejnovější domácí i zahraniční literatury i obdobných výzkumů, které byly prováděny zejména v ČR i zahraničí [4], [6], [7].

Hypotéza 3: Za nejdůležitější skupiny stakeholderů jsou považováni dodavatelé, finanční instituce, konkurence, média, zákazníci a zaměstnanci.

Hypotéza 3 byla stanovena na základě výzkumu řízení vztahů se stakeholdery na průmyslových trzích, který byl proveden v roce 2007 na území České republiky [7].

Jelikož většina firem považuje informace týkající se stakeholderů a vlastní komunikace s nimi za informace důvěrného charakteru, bylo celé dotazování prováděno prostřednictvím webových stránek a bylo zcela anonymní. Firmy byly požádány pouze o vyplnění základních údajů o velikosti a oboru podnikání.

Zhodnocení pilotního výzkumu

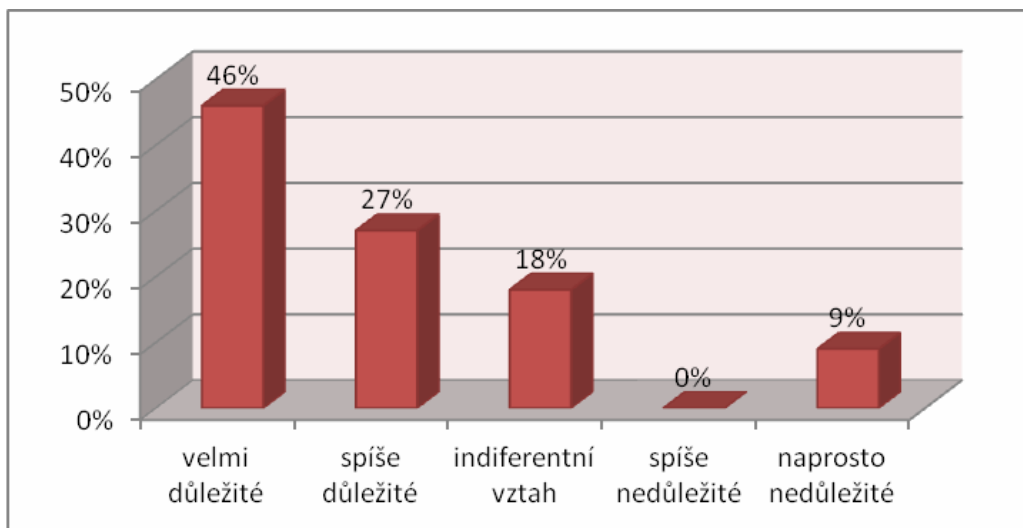
Jak bylo řečeno výše, v pilotním výzkumu bylo rozšířeno celkem 30 dotazníků. Celková návratnost vyplněných dotazníků byla do okamžiku zpracování tohoto příspěvku 36,6 %, což znamená 11 vyplněných dotazníků, jež bylo možné použít k dalšímu zpracování a předvyhodnocení výzkumu osloveného vzorku.

První otázka byla zaměřena na ověření znalosti pojmu stakeholder (zájmová skupina). Čtyři dotázaní, tedy 36 % oslovených respondentů, potvrdili znalost tohoto pojmu. Pro zajištění správnosti pochopení celého následujícího textu byl pojem po zodpovězení této otázky plně vysvětlen, aby nedošlo k nedorozuměním z důvodu jeho neznalosti. Po vysvětlení tohoto pojmu již všichni oslovení respondenti uvedli, že přestože případně pojem stakeholder (zájmová skupina) pro ně známý nebyl, je jim tato problematika blízká a zkoumanému problému rozumí.

Dále dotázaní respondenti hodnotili, pomocí stupnice důležitosti v rozsahu 1-5 (kde 1 znamená naprosto nedůležité, 2 spíše nedůležité, 3 indiferentní (neutrální vztah), 4 spíše důležité a 5 velmi důležité), obecně důležitost řízení vztahů se všemi stakeholdery pro zvyšování konkurenceschopnosti vlastní firmy. Celkem 46 % dotázaných respondentů považuje řízení vztahů se stakeholdery za velmi důležitý nástroj zvyšování konkurenceschopnosti a 27 % za nástroj spíše důležitý. Indiferentní vztah zaujalo 18 % dotázaných a pouze 1 uvedl, že řízení vztahů s klíčovými stakeholdery je, z jeho úhlu pohledu, naprosto nedůležité.

Odpovědi na první otázku dotazníku shrnuje následující graf.

Graf 1: Důležitost řízení vztahů se stakeholdery pro zvyšování konkurenceschopnosti firmy



Zdroj: Vlastní výzkum

Následující otázka dotazníku byla zaměřena na oblast skupin stakeholderů, na něž se firmy zaměřují. V této otázce byl nabídnut ucelený soubor skupin stakeholderů, z nichž si bylo možné vybrat 1 či více možností, a byla nabídnuta i varianta jiné nezahrnuté skupiny, kde mohli respondenti volně uvést další skupiny stakeholderů, které nebyly uvedeny ve vyjmenovaných možnostech, ale zkoumané subjekty je považují za důležité pro svoji činnost.

Jako základní skupiny stakeholderů, relevantních pro oblast malého a středního podnikání byly dle provedené rešerše literatury určeny následující (řazeno abecedně):

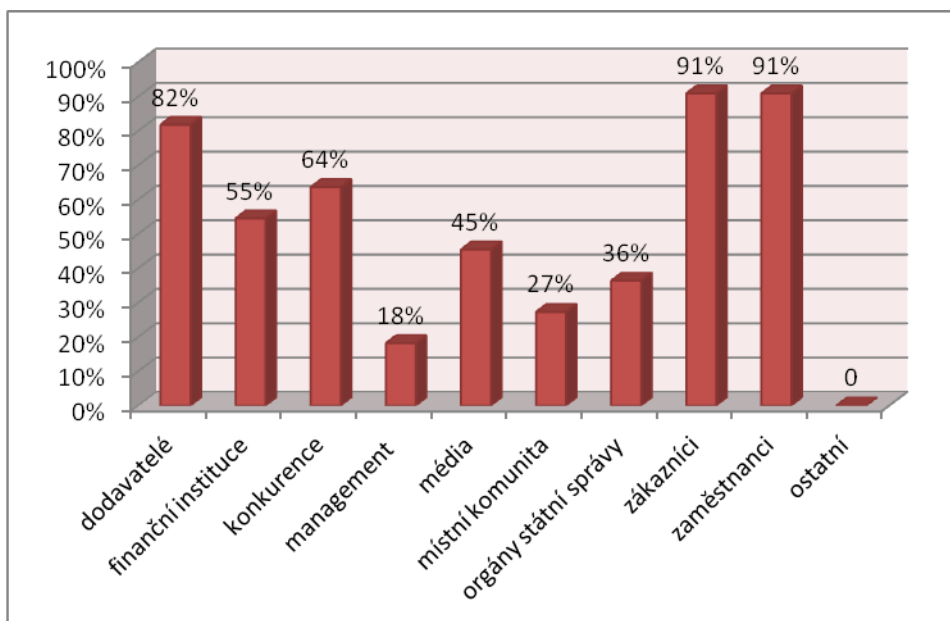
- dodavatelé,
- finanční instituce,
- konkurence,
- management (vedení společnosti),
- média,
- místní komunita,
- orgány státní správy a samosprávy,
- zákazníci,
- zaměstnanci.

Aby autorky předešly případnému vynechání některé důležité skupiny stakeholderů pro malé a střední podniky doplnily odpovědi o otevřenou otázku ostatní, kde mohla být doplněna další varianta odpovědi, která nebyla uvedena ve výčtu.

Z následujícího grafu jasně vyplývá, že nejvíce oslovených respondentů se zaměřuje na řízení vztahů se zákazníky a zaměstnanci (91% dotázaných respondentů), dále pak s dodavateli, konkurencí, finančními institucemi a médii. Nejméně se společnosti

zaměřují na řízení vztahů s orgány státní správy a samosprávy, místní komunitou či managementem.

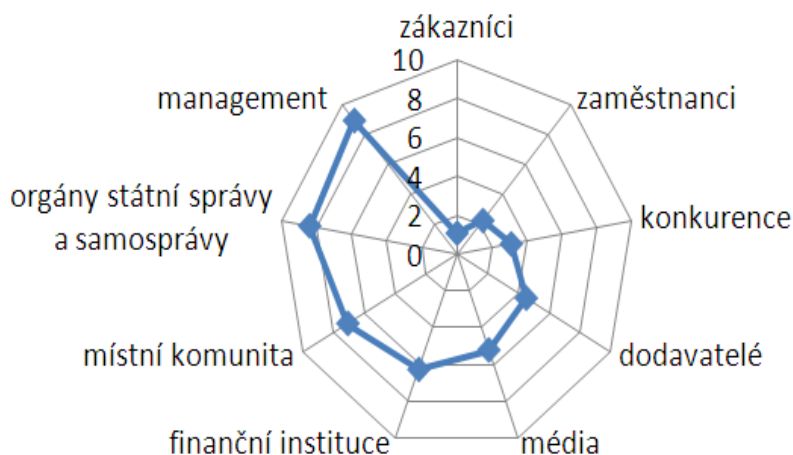
Graf 2: Základní skupiny stakeholderů



Zdroj: Vlastní výzkum

Pouze jednou se vyskytla odpověď jiné nezahrnuté skupiny, kde dotázaný uvedl finanční úřad, ten je však považován za orgán státní správy a samosprávy, a proto byl zahrnut do výše uvedených skupin.

Dále měli respondenti seřadit jednotlivé skupiny stakeholderů dle důležitosti pro jejich firmu od nejdůležitější skupiny k nejméně důležité (tedy nejdůležitější skupina – hodnota 1; nejméně důležitá – hodnota 9)

Graf 3: Skupiny stakeholderů dle důležitosti

Zdroj: Vlastní výzkum

Graf číslo 3 shrnuje výsledky této části výzkumu. Čím blíže jsou jednotlivé skupiny stakeholderů blíže středu grafu, tím jsou dotazovanými firmami považovány za důležitější.

Z grafu vyplývá, že zákazníci jsou jednoznačně považováni za zcela klíčovou skupinu stakeholderů, které je třeba věnovat maximální pozornost. Zákazníci představují pro firmy stěžejní zdroj prostředků pro jejich samotné fungování a další rozvoj, z tohoto důvodu je jejich umístění na prvním místě z hlediska důležitosti zcela pochopitelné. Druhou nejdůležitější skupinou se ukázali být zaměstnanci. Také dostatek kvalitních a loajálních zaměstnanců je předpokladem přežití a úspěšného fungování firmy v tvrdých konkurenčních podmínkách. Třetí nejdůležitější skupinou je, podle výsledků průzkumu, konkurence. I tento výsledek je zcela pochopitelný. Firmy v monopolním nebo duopolním postavení by pravděpodobně konkurenci z hlediska důležitosti hodnotily mnohem níže. V oblasti malých a středních firem se však nedá příliš očekávat, že některý ze subjektů bude mít natolik výsadní postavení, aby neměl potřebu se konkurencí zabývat. Jako další důležité skupiny byli vyhodnoceni dodavatelé. Jejich důležitost spočívá v tom, že plynulé fungování firem je závislé na včasných a kvalitních dodávkách. Bez důležitosti není ani jejich případná vyjednávací síla, která může výrazně ovlivnit ceny dodávaných statků a služeb.

Mezi méně důležité skupiny pak byla zařazena média, finanční instituce a místní komunita. To může být dáno tím, že malé a střední podniky s těmito skupinami stakeholderů, snad s výjimkou finančních institucí, přicházejí do styku spíše méně. Za nejméně důležité skupiny jsou dotazovanými firmami považovány orgány státní správy a management.

Závěr

Stakeholder management je považován v současné době za jeden z nejprogresivnějších směrů soudobého managementu. Jednoznačně přispívá k naplnění základních strategických cílů všech společností bez ohledu na zaměření, velikost, či formu. Osvojení problematiky stakeholder managementu pomáhá aktivnímu řízení vztahů společností se všemi zájmovými skupiny (tedy stakeholdery), kterými jsou nejen vlastní zákazníci, ale také zaměstnanci, akcionáři, široká veřejnost, atd. [4], [6].

Výzkum autorek byl zaměřen na analýzu klíčových skupin stakeholderů využívaných v podnikové praxi segmentem malých a středních podniků na území České republiky. V této oblasti (tedy malého a středního podnikání) byl prozatím výzkum zvolené problematiky spíše opomíjen. V České republice byl proveden pouze jeden rozsáhlý výzkum řízení vztahů se stakeholdery a to konkrétně na průmyslových trzích v roce 2007 [7].

Celkově by se dalo říci, že přestože stakeholder management je v České republice prozatím poměrně novým oborem [7], který není běžně do řízení firem zapojován, práce se zájmovými skupinami není cizí ani malým a středním podnikům, jak vyplynulo z provedeného výzkumu.

Na základě pilotního výzkumu, který byl autorkami prováděn, je možné říci, že zvolený postup dotazování byl vhodně vybrán. Výzkum potvrdil i správnost stanovených skupin stakeholderů. Všechny skupiny stakeholderů, které byly definovány v rámci hypotézy 2, jsou oslovovanými subjekty zařazovány do oblasti řízení vztahů se stakeholdery. Žádný z uvedených subjektů nevyužil možnosti doplnění další skupiny stakeholderů.

Všech 6 skupin stakeholderů, které byly určeny v hypotéze 3 jako nejdůležitější skupiny stakeholderů (dodavatelé, finanční instituce, konkurence, média, zákazníci a zaměstnanci), se umístily na prvních místech při řazení skupin stakeholderů dle priorit.

Výzkum nebyl výzkumem vyčerpávajícím, který by zahrnoval všechny malé a střední podniky v České republice. Na základě provedeného pilotního výzkumu (kterého se zúčastnilo 30 subjektů) tedy nelze jednoznačně verifikovat stanovené hypotézy i proto, že návratnost dotazníků činila pouze necelých 37 %. Je však možné doporučit další výzkum na rozsáhlejší vzorku. Autorky by se také chtěly dále věnovat zkoumání skupin stakeholderů s ohledem na velikost podniku (v počtech zaměstnanců) a obor podnikání.

Řízení vztahů se stakeholdery se v současné době stává opravdu jednou z klíčových činností v rámci zvyšování konkurenceschopnosti podniků. Cílem každé organizace, bez ohledu na její velikost či zaměření, je bezpochyby vytváření trvalých a dlouhodobých vztahů se všemi klíčovými skupinami stakeholderů, nejen se zákazníky. Tyto vztahy jsou neocenitelným aktivem, které je velice často nazýváno vztahovou sítí, jež se stává součástí důležitých nehmotných aktiv podniku [7], [5].

Literatura

- [1] Freeman, R.E. 1984 *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Boston: Pitman. 1984, ISBN 0273019139
- [2] Freeman, R. E., McVea, J. A. *Stakeholder Approach to Strategic Management* [online]. Darden Business School Working Paper No. 01-02. 27. června 2001. [cit. 2010-04-11]. Dostupné z: <http://ssrn.com/abstract=263511>
- [3] Chelliar, D. 2009. *An Overview of Stakeholder Analysis* [online]. 29. května 2009. [cit. 2010-06-07]. Dostupné z <http://www.pmhut.com/an-overview-of-stakeholder-analysis>
- [4] Chinyio, E. et al. *Construction Stakeholder Management*. Chichester (United Kingdom): Blackwell Publishing, Ltd., 2010. ISBN 978-1-4051-8098-6
- [5] Lošťáková, H. et al. *Diferencované řízení vztahů se zákazníky*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3155-1
- [6] Recklies, D. *Stakeholder management*. [online]. Duben 2001. [cit. 2010-28-02]. Dostupné z <http://www.themanager.org/pdf/Stakeholder%20Management.PDF>
- [7] Šimberová, I. *Řízení vztahů se stakeholdery na průmyslových trzích v kontextu současných marketingových koncepcí*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vutium: Brno, 2008. ISBN 978-80-214-3585-8

Analysis of Stakeholders of Small and Medium Enterprises

Abstract

The economic crisis has brought lots of problems for any economic subject. These subjects have to face much harder competitive fight than any time before. This is a reason why it is necessary to seek for new possibilities and activities that should be involved in firms' strategies. One of key activities of any firm should be the analysis of primary groups of stakeholders from the internal and external environment of the firm. The importance of these stakeholders has been still growing in a present turbulent environment. The identification of key groups of stakeholders and proper effective communication with main stakeholders of a company has become an important competitive advantage of any market subject. This article focuses on possibilities of using of new progressive trend stakeholder management and analysing of key groups of stakeholders of small and medium enterprises that can be effectively use in commercial practice.

Key words

Stakeholder, small and medium enterprises, basic stakeholder groups, analysis of stakeholders

Kontaktní údaje

Ing. Marie Slabá

Asistent

Katedra ekonomiky a managementu

Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Tel.: +420 387 842 159

e-mail: slaba@mail.vstecb.cz

Ing. Vendula Simotová

Asistent

Katedra ekonomiky a managementu

Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Tel.: +420 387 842 159

e-mail: simotova@mail.vstecb.cz

Organizační kultura a výkonnost podniku

Roman Fiala, Jana Borůvková

Vysoká škola polytechnická Jihlava

Abstrakt

Príspevok obsahuje prehľadovú štúdiu deseti zahraničných štúdií zaměřených na vzťah medzi organizační kulturou a firemní výkonností (popř. zákaznickou spokojeností). Autoři porovnávají metodiku měření organizační kultury a výkonnosti podniku, vzorek zkoumaných organizací, návratnost dotazníků, použité statistické metody a nejdůležitější výsledky výzkumů. Přehledová studie je použita pro návrh metodiky měření organizační kultury pro další pokračování výzkumu v této oblasti.

Tento článek je součástí výsledků projektu č. 402/09/2057 „Měření a řízení dopadu nehmotných aktiv na výkonnost podniku“ financovaného Grantovou agenturou České republiky.

Klíčová slova

Organizační kultura, výkonnost

Úvod

Vlivem organizační kultury na výkonnost podniku se v minulosti zabývalo již mnoho autorů. K nejvýznamnějším a nejčastěji citovaným patří studie Kottera a Hesketa (1992) nebo Denisona (1990). Autoři pomocí dotazníkových šetření analyzují organizační kulturu podniku a pomocí statistických metod zjišťují, zda existuje korelace mezi kulturou a výkonností organizace měřenou pomocí vybraných finančních ukazatelů.

Cílem tohoto příspěvku je provést rešerši deseti zahraničních studií zabývajících se vztahem mezi organizační kulturou a výkonností podniku a zjistit, jak autoři přistupovali k těmto oblastem:

- zvolené metodice měření organizační kultury,
- zvolené metodice měření výkonnosti podniku,
- počtu a odvětví zkoumaných organizací,
- počtu respondentů,
- pracovním pozicím respondentů,
- návratnosti dotazníku,
- použitým statistickým metodám,
- výsledku studie.

K přehledové studii byly vybrány tyto články těchto autorů a z těchto časopisů:

- Balthazard, Cooke, Potter (2006), Journal of Managerial Psychology,
- Chew, Sharma (2005), International Journal of Manpower,
- Chow, Liu (2007), Human Resource Planning,
- Fey, Denison (2003), Organization Science,
- Garnett, Marlowe, Pandey (2008), Public Administration Review,
- Gillespie et al. (2007), European Journal of Work and Organizational Psychology,
- Lee, Yu (2004), Journal of Managerial Psychology,
- Nahm, Vonderembse, Koufteros (2004), Decision Sciences,
- Ngo, Loi (2008), The International Journal of Human Resource Management,
- O'Cass, Ngo (2007), European Journal of Marketing.

Kritériem pro výběr článků byla jejich aktuálnost, nejstarší článek je z roku 2003.

Denison (1990) definuje organizační kulturu jako základní hodnoty, názory a předpoklady, které jsou přítomné v organizacích, vzorce chování, které jsou důsledkem těchto sdílených významů, a symboly, které vyjadřují spojení mezi předpoklady, hodnotami a chováním členů organizace.

Kotter a Heskett (1992) rozdělují organizační kulturu do dvou úrovní, které se odlišují viditelností a neměnitelností. V méně viditelné úrovni se kultura vztahuje k hodnotám, které jsou sdíleny lidmi ve skupině a které mají sklon přetrvat i v době, kdy se členové skupiny mění. Viditelnější úroveň kultury představuje vzorce chování nebo styl organizace, ve které jsou noví zaměstnanci automaticky povzbuzováni k následování svých spoluzaměstnanců. Kultura v tomto smyslu se rovněž obtížně mění, ale ne tak, jak na základní (méně viditelné) úrovni.

Brown (1995) definuje organizační kulturu jako vzorec názorů, hodnot a naučených způsobů vypořádávání se se situacemi, založený na zkušenostech, které vznikly během historie organizací a které jsou manifestovány v jejich materiálních aspektech a v chování jejich členů.

Podle Armstronga (2002) představuje kultura organizace soustavu hodnot, norem, přesvědčení, postojů a domněnek, která sice asi nebyla nikde výslovně zformulována, ale formuje způsob chování a jednání lidí a způsoby vykonávání práce. Hodnoty se týkají toho, o čem se věří, že je důležité v chování lidí a organizace. Normy jsou pak nepsanými pravidly chování.

Lukášová (2004) chápe organizační kulturu jako soubor základních předpokladů, hodnot, postojů a norem chování, které jsou sdíleny v rámci organizace a které se projevují v myšlení, cítění a chování členů organizace a v artefaktech (výtvorech) materiální a nemateriální povahy.

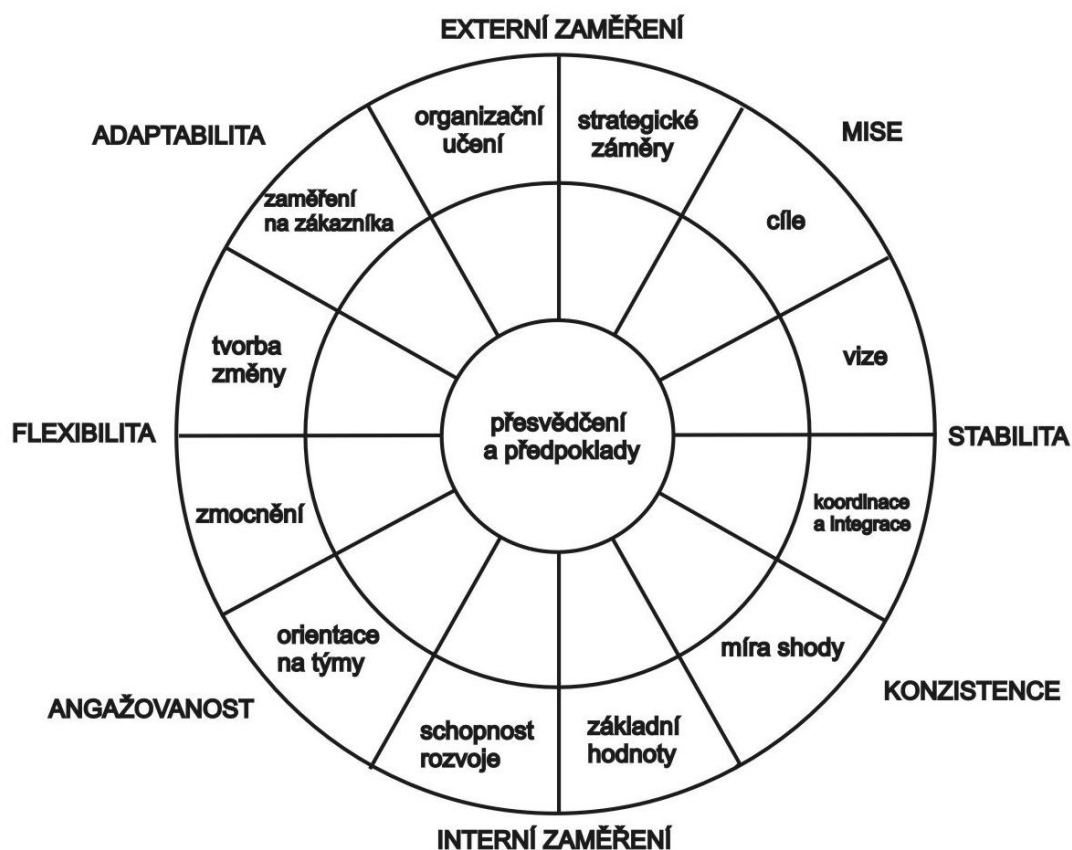
Měření organizační kultury

Devět z deseti studií využilo pro měření organizační kultury dotazníkové šetření, ve kterém respondenti odpovídali na různé výroky (od silného nesouhlasu po silný

souhlas s výrokem). Jediní ze zkoumaných autorů, kteří použili jiné než dotazníkové šetření, jsou Chew a Sharma (2005), kteří měří kulturu s pomocí obsahové analýzy výročních zpráv firem. S hodnotami zastávaných organizací spojují Chew a Sharma (2005) např. leadership, participaci, věrnost, autoritu apod. Na základě shlukové analýzy pak organizace rozdělují do čtyř typů – elitní, merikrotatické, leadership a kolegiální.

Velmi propracovaný je model organizační kultury (Denison et al., 2006) který je postavený na čtyř důležitých rysech organizační kultury – angažovanosti, konzistenci, adaptabilitě a poslání. každého z těchto čtyř rysů jsou určeny tři ukazatele (viz obr. 1), podle kterých je dotazník určený ke zjištění úrovně organizační kultury v organizaci rozdělen. Dotazník má 36 (Fey, Denison, 2003), popř. 60 položek (Gillespie et al., 2007). Lze přehledně graficky znázornit (viz obr. 1), v jakém percentilu se úroveň organizační kultury u každého z 12 ukazatelů umístila. Článek Feye a Denisona (2003) je také nejčastěji citovaným ze všech deseti studií (dle Google Scholar). Všechny položky byly měřeny pomocí pětibodové Likertovy škály.

Obr. 1: Model organizační kultury



Zdroj: Fey, Denison (2003), s. 689, překlad do češtiny a překreslení modelu Jančíková (2008)

Velmi propracovanou je také metodika OCI (The organizational culture inventory) Balthazarda, Cookeho a Pottera (2006). OCI měří 12 souborů norem chování spojených se třemi obecnými styly organizační kultury:

- a) konstruktivním,
- b) pasivním/defenzivním,
- c) agresivním/defenzivním

Dotazník obsahuje 96 položek (pětibodová Likertova škála), které ale autoři v článku v plném znění nezveřejňují.

Chow a Liu (2007) kvantifikují kulturu pomocí 18 položek (pětibodová Likertova škála) dotazníku a s pomocí faktorové analýzy identifikovali kulturu byrokratickou, konkurenční a sdílenou.

Garnett, Marlowe, Pandey (2008) rozlišují dvě dimenze kultury – orientovanou na poslání a na pravidla. První z nich měří pomocí pěti položek v dotazníku, druhou pomocí položek dvou. U obou dimenzí byla využita pětibodová Likertova škála.

Lee a Yu (2004) zkoumají pět dimenzí kultury (inovativní, podporující, týmovou orientaci, humanistickou orientaci a kulturu zaměřenou na úkoly). Těchto pět dimenzí bylo opět vybráno na základě faktorové analýzy.

Nahm, Vonderembse a Koufteros (2004) rozlišují tři úrovně organizační kultury: artefakty (organizační struktura, praktiky a procesy, technologie, rituály...), hodnoty vyznávané členy organizace, které jsou obsaženy ve strategiích a cílech, a za třetí názory, myšlenky, pocity. Všechny položky v dotazníku byly měřeny na pětibodové škále.

Ngo a Loi (2008) měří adaptabilní kulturu s pomocí tří položek v dotazníku. Využívají šestibodovou Likertovu škálu.

O'Cass, Ngo (2007) zkoumají inovativní kulturu a kvantifikují ji na základě dvanácti položek v dotazníku (sedmibodová Likertova škála).

Měření výkonnosti

Pro měření výkonnosti lze použít subjektivní (vnímanou výkonnost) nebo objektivní měřítko výkonnosti. Osm z deseti studií využilo pro měření výkonnosti organizací subjektivního měření výkonnosti pomocí dotazníkového šetření. Většinou byla použita pětibodová Likertova škála. Fey a Denison (2003) připouštějí, že část vědců kritizuje použití subjektivních měřítek výkonnosti. Jejich použití ve svém článku vysvětlují čtyřmi důvody. Prvním důvodem je ten, že ruské účetní standardy jsou stále ve fázi vzniku a je tedy velmi obtížné získat srovnatelná finanční data. Za druhé firmy operující v Rusku mají odlišné cíle a porovnání jejich krátkodobé finanční výkonnosti nemá příliš velký smysl. Za třetí je to nedostupnost žádných centrálně shromažďovaných finančních informací. Posledním důvodem je uzavřenost a neochota Rusů sdílet finanční informace. Fey a Denison (2003) zmiňují studie (Delaney a Huselid, 1996, Denison a Mishra, 1995), které jsou dobrým precedentem pro měření vnímané výkonnosti. Bylo také prokázáno, že vnímaná výkonnost dobře koreluje

s objektivními měřítky výkonnosti (Fey a Denison, 2003 citují studii Powella, 1992). Běžné použití vnímané výkonnosti ukazuje i zjištění Hultha et al. (2008), kteří prozkoumali měření výkonnosti v 96 článcích publikovaných mezi lety 1995-2005. Podle Hultha et al. (2008) využilo 47 % studií vnímanou výkonnost.

Objektivní měřítka měření výkonnosti využili Chew a Sharma (2005) a Lee, Yu (2004).

Statistické metody

Při analýze použitých statistických metod bylo zjištěno, že v článcích jsou opakovaně použity statistické metody, které popíšeme dále v této kapitole.

K popisu datového souboru jsou použity základní metody **popisné statistiky**. Zpravidla je datový soubor popsán průměrem a směrodatnou odchylkou. V případě dat, která nemají ani přibližně normální rozdělení, je možné data popsat i pomocí mediánu a mezikvartilového rozpětí. Pro grafické znázornění je vhodný např. krabicový graf, který ukazuje, jakých hodnot datový soubor nabývá.

Cronbachovo alfa je statistická metoda zjišťující míru, úroveň, stupeň vnitřní konzistence (např. posuzovací škály) a její reliabilitu (spolehlivost). Nabývá hodnoty v rozmezí 0 až 1, přičemž hodnota 0,7 a více znamená vysokou konzistenci a reliabilitu dotazníku.

Cílem **lineárního regresního modelování** je změření parciálních efektů, které na proměnnou Y vykazuje variabilita prediktorů (např. X_1 , X_2 a X_3 , atd.), a to pomocí vztahu $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots$. Konstruovaný model se pokouší odpovědět na otázku: „Jak závisí vysvětlovaná proměnná Y na vysvětlujících proměnných, prediktorech X_i ?“ Předpokladem pro vytvoření korektního lineárního modelu jsou lineární vztahy mezi prediktory a vysvětlovanou proměnnou. Naopak jednotlivé prediktory by měly být co možná nejméně korelované. Z tohoto důvodu je nutné před vlastním modelováním použít korelační analýzu a určit tak vhodnost použití této metody. Koeficient determinace R^2 , který je podílem variability vysvětlené modelem a celkové variability, je roven části variability vysvětlované proměnné, která je vysvětlena prediktory. I tato hodnota vypovídá o vhodnosti použité metody.

Někteří autoři použili pro zpracování dat pořízených dotazníkovým šetřením vícerozměrné statistické metody, zejména faktorovou a shlukovou analýzu. **Faktorová analýza** umožňuje najít latentní (nepřímě pozorované) příčiny variability dat. Díky nalezeným latentním proměnným (faktorům) lze redukovat počet proměnných při zachování maxima informace a nalézt souvislost mezi pozorovanými proměnnými a odvozenými faktory.

Shluková analýza je souhrnný název pro celou řadu výpočetních postupů, jejichž cílem je rozklad daného souboru na několik relativně homogenních podsouborů (shluků) a to tak, aby jednotky (objekty) uvnitř jednotlivých shluků si byly co nejvíce podobné a jednotky (objekty) patřící do různých shluků si byly podobné co nejméně. Při tom každá jednotka je popsána skupinou znaků (proměnných). Výsledky analýzy závisí na volbě proměnných, zvolené míře vzdálenosti mezi objekty a shluky

a na zvoleném algoritmu výpočtu. Visuální podobou výsledků je tzv. dendrogram, výpočetní metody jsou např.: Euklidovská vzdálenost objektů, Hammingova vzdálenost nebo Mahalanobisova vzdálenost. Další charakteristikou je postup výpočtu podobných objektů do shluků - metoda nejbližšího nebo nejvzdálenějšího souseda, průměrná vzdálenost nebo metoda centroidní.

Další statistická metoda, která je v článcích použita, je **ANOVA**, která je způsobem současného porovnání více než dvou sad dat. Ukazuje, jak od sebe oddělit a posoudit různé příčiny odchylek. Přitom používá techniku známou jako "analýza rozptylu", což se obvykle zkracuje jako "ANOVA" (z anglického "analysis of variance"). Základní myšlenkou analýzy rozptylu je skutečnost, že celkový rozptyl celé sady dat je dán kombinací rozptylu mezi skupinami a uvnitř skupin. ANOVA umožňuje separovat jednotlivé zdroje rozptylu a dílčí rozptyly vzájemně porovnat za účelem určení, zda jsou rozdíly mezi nimi (statisticky) významné. Nebo jinak, ANOVA nám umožňuje odpovědět na otázku, zda jednotlivé skupiny reprezentují výběry z jednoho základního souboru (tedy z téže populace).

Autoři několika článků použili k popisu vztahu mezi proměnnými metodu **modelování strukturálních rovnic** (MSR). Ta poskytuje metodologii pro vytvoření modelů, které mnohdy lépe odrážejí realitu než modely standardních mnohorozměrných statistických metod (faktorové analýzy, korelační analýzy nebo pouhé regrese). Při výpočtu je model specifikován, odhadnut, ohodnocen a prezentován v jednoduchém a intuitivním strukturním grafu zobrazujícím nejprve hypotetické a ve výsledcích už ověřené vztahy mezi proměnnými. Po vytvoření modelu se ve strukturním grafu zobrazí koeficienty měřící sílu vztahu mezi proměnnými a sílu vlivů jednotlivých faktorů na cílové proměnné.

Výsledky studií

Balthazard, Cooke a Potter (2006) zkoumali tři obecné styly organizační kultury – konstruktivní, pasivní/defenzivní a agresivní/defenzivní. Zjistili pozitivní vliv konstruktivního stylu kultury a negativní vliv obou defenzivních stylů kultury na výkonnost. Pro ověřování hypotéz sloužila popisná statistika, korelační analýza a Cronbachovo alfa.

Chew a Sharma (2005) ve své studii rozdělili na základě shlukové analýzy organizace na elitní, meritokratické, leadership a kolegiální. Na základě zkoumání 120 organizací dokazují, že organizace s elitním nebo leadership kulturním profilem, doplněným strategickými praktikami managementu lidských zdrojů, mají lepší finanční výkonnost než organizace s meritokratickým nebo kolegiálním kulturním profilem. Kromě zmíněné shlukové analýzy využili autoři také popisnou statistiku, korelační analýzu, lineární regresní modelování a ANOVU.

K zajímavému závěru dospěli Chow a Liu (2007), kteří zjistili, že existuje významná pozitivní korelace mezi výkonností organizace a organizační kulturou, praktikami HR managementu a obchodními strategiemi. Praktiky managementu lidských zdrojů vysvětlují 32 % variability závisle proměnné (výkonnosti). V článku se objevuje popisná statistika, korelační analýza a lineární regresní modelování.

Fey a Denison (2003) porovnali ve svém článku organizační kulturu podniků v USA a zahraničních podniků působících v Rusku. Všechny čtyři rysy organizační kultury (angažovanost, konzistence, adaptabilita, poslání) v Rusku v porovnání s USA méně korelují s celkovou výkonností, zákaznickou spokojeností, kvalitou a vývojem produktů. U ruských dat rysy kultury více korelují (v porovnání s USA) s podílem na trhu, růstem tržeb, ziskovostí a indexem efektivnosti. Ve studii autoři použili faktorovou analýzu, korelační analýzu a lineární regresní modelování.

Garnett, Marlowe a Pandey (2008) se zaměřili na vliv dvou dimenzí kultury – orientované na poslání a na pravidla. Výzkum byl prováděn na základě odpovědí 274 respondentů z oblasti veřejné správy a autoři zjistili pozitivní vliv zlepšené komunikace na výkonnost v organizacích s kulturou orientovanou na poslání a negativní vliv zlepšené komunikace v organizacích se silnou kulturou orientovanou na pravidla. Ze statistických metod se v článku používá popisná statistika, korelační analýza a lineární regresní modelování.

Gillespie et al. (2007) zkoumali vztah mezi organizační kulturou a zákaznickou spokojeností u dvou společností z odlišných odvětví. Při měření organizační kultury vychází ze stejné metodiky měření kultury jako Fey a Denison (2003). Všechny čtyři rysy kultury podle Gillespieho et al. (2007) korelují u obou firem se zákaznickou spokojeností. U první firmy spokojenost zákazníků nejvíce koreluje s adaptibilitou (další pořadí: poslání, angažovanost a konzistence). U druhé firmy je nejsilnější vztah mezi spokojeností a konzistencí (další pořadí: angažovanost, adaptibilita a poslání). Použité statistické metody jsou stejné jako ve studii Garnetta, Marloweho a Pandeye (2008).

Lee a Yu (2004) stanovili na základě faktorové analýzy pět dimenzí kultury. Výzkum byl prováděn u deseti firem (tři výrobní podniky, čtyři nemocnice, tři pojišťovny). Výsledky studie podporují hypotézu, že rozdíl v organizační kultuře je větší napříč odvětvími než uvnitř jednoho odvětví. U pojišťoven existuje pozitivní korelace mezi silou kultury a růstem podnikání (měřeném růstem počtem pojistek a ročního pojistného). U výrobních podniků existuje pozitivní korelace mezi silou kultury a rentabilitou aktiv. Pozitivní korelace mezi silou kultury, týmovou orientací a kulturou zaměřenou na úkoly. Použité statistické metody v článku jsou ANOVA, faktorová analýza, Cronbachovo Alfa a Spearmannova korelace.

Nahm, Vonderembse, Koufteros (2004) zkoumali 224 organizací ze čtyř odvětví. Přišli se zjištěním, že úroveň orientace na zákazníka je silným prediktorem pro názory, které vyznávají členové organizace (espoused values). Většina těchto „espoused values“ podporuje růst úrovně „time based manufacturing practices“ (např. snahy o zlepšování kvality, reengineering, preventivní péči o přístroje a zařízení,...). Tyto „time based manufacturing practices“ mají statisticky významný vliv na výkonnost. Výše citovaní autoři používají ve svém výzkumu strukturální modelování rovnic.

Ngo a Loi (2008) se ve své studii soustředili na adaptivní kulturu a její vztah k výkonnosti podniku. Podle jejich výsledků flexibilita v praktikách managementu lidských zdrojů pozitivně koreluje s adaptibilitou kultury. Flexibilita chování zaměstnanců pozitivně koreluje s adaptibilitou kultury. Existuje také pozitivní korelace mezi adaptibilitou kultury a oběma měřítky výkonnosti. První ukazatel výkonnosti

(„HR-related performance“) zprostředkovává vztah mezi adaptabilitou kultury a druhým ukazatelem výkonnosti („market-related performance“). Stejně jako Nahm, Vonderembse a Koufteros (2004) používají strukturální modelování rovnic.

O’Cass, Ngo (2007) se zabývali tím, jak mohou inovativní kultura a tržní orientace přispět k výkonnosti značky. Autoři zjistili, že tržní orientace má významný a pozitivní vliv na výkonnost značky. Inovativní kultura má významný a pozitivní vliv na výkonnost značky a tržní orientaci. Vliv organizační kultury na ukazatel výkonnost značky je silnější než vliv tržní orientace na výkonnost značky. Rovněž v této studii bylo využito strukturálního modelování rovnic.

Závěr

V článku byla provedena přehledová studie deseti zahraničních článků, ve kterých se autoři věnují vztahu organizační kultury a výkonnosti podniku. Devět z deseti článků měří organizační kulturu pomocí dotazníkového šetření, které autoři tohoto článku rovněž navrhuji použít v chystaném dotazníku v rámci řešeného projektu. Všechny vybrané články prokázaly vliv organizační kultury na výkonnost podniku, v některých byl však vliv prokázán pouze u některých dimenzí kultury.

Velmi propracovanou metodikou k měření organizační kultury je DOCS (Denison Organizational Culture Survey), která je použita ve dvou studiích (Fey, Denison, 2003, Gillespie et al., 2007). Dle DOCS je organizační kultura rozdělena do čtyř rysů – angažovanosti, konzistence, adaptability a poslání (mise). U každého z těchto čtyř rysů jsou určeny tři ukazatele. Každému z těchto 12 ukazatelů jsou věnovány tři (Fey, Denison, 2003) nebo pět položek v dotazníku (Gillespie et al., 2007).

Zajímavým poznatkem je, že některé studie (Nahm, Vonderembse, Koufteros, 2004, Ngo, Loi, 2008, O’Cass, Ngo, 2007) používají pro měření vztahu mezi organizační kulturou a výkonností metodu modelování strukturálních rovnic.

V dalším výzkumu se autoři zaměří na české podniky a ověří, zda rovněž existuje (jak zjišťuje většina zahraničních studií) přímý vztah mezi organizační kulturou a výkonností podniků. Za tímto účelem vyjdou z metodiky popsané autory Ngo a Loi (2008), tedy pro získání potřebných informací o oslovených podnicích použijí dotazníkové šetření a zpracují ho pomocí metody modelování strukturálních rovnic.

Literatura

- [1] ARMSTRONG, M. *Řízení lidských zdrojů*. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0469.
- [2] BALTHAZARD, P. A., COOKE, R. A., POTTER, R. E. Dysfunctional culture, dysfunctional organization: Capturing the behavioural norms that form organizational culture and drive performance. *Journal of Managerial Psychology*, 2006, roč. 21, č. 8, s. 709–732.
- [3] BROWN, A. D. *Organisational Culture*. London: Pitman Publishing, 1995. ISBN 0-273-60454-6.

- [4] DELANEY, J. T., HUSELID, M. A. The Impact of Human Resource Management Practices on Perceptions of Organizational Performance. *Academy of Management Journal*, 1996, roč. 39, č. 34, s. 949–969.
- [5] DENISON, D. R., JANOVICS, J., YOUNG, J., CHO, H. J. Diagnosing Organizational Cultures: Validating a Model and Method, January 2006. Dostupné z: <http://www.denisonconsulting.com/dc/Portals/0/Docs/Paper_Validity.pdf>.
- [6] DENISON, D. R., MISHRA, A. K.: Toward a theory of organizational culture and effectiveness. *Organization Science*, roč. 6, č. 2, 1995, s. 204–223.
- [7] DENISON, D. R. *Corporate Culture and Organizational Effectiveness*. New York: John Wiley & Sons, 1990. ISBN 0-471-80021-X.
- [8] FEY, C. F., DENISON, D. R. Organizational Culture and Effectiveness: Can American Theory Be Applied in Russia? *Organization Science*, November-December 2003, roč. 14, č. 6, s. 686–706.
- [9] HULT, G. T. M. et al. An assessment of the measurement of performance in international business research. *Journal of International Business Studies*, 2008, vol. 39, s. 1064–1080.
- [10] CHEW, I., SHARMA, B. The effects of culture and HRM practices on firm performance: Empirical evidence from Singapore. *International Journal of Manpower*, 2005, roč. 26, č. 6, s. 560–581.
- [11] CHOW, I. H., LIU, S. S. Business Strategy, Organizational Culture, and Performance Outcomes in China's Technology Industry. *Human Resource Planning*, 2007, roč. 30, č. 2, s. 47–55.
- [12] GARNETT, J. L., MARLOWE, J., PANDEY, S. K. Penetrating the Performance Predicament: Communication as a Mediator or Moderator of Organizational Culture's Impact on Public Organizational Performance. *Public Administration Review*, 2008, roč. 68, č. 2, s. 266–281.
- [13] GILLESPIE, M. A. et al. Linking organizational culture and customer satisfaction: Results from two companies in different industries. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 2007, roč. 17, č. 1, s. 112–132.
- [14] JANČÍKOVÁ, A. *Organizační kultura a řízení kvality*. Brno: Masarykova univerzita. Ekonomicko-správní fakulta. Katedra podnikového hospodářství, 2008, 201 s.
- [15] KOTTER, J. P., HESKETT, J. L. *Corporate Culture and Performance*. New York: The Free Press, 1992. ISBN 0-02-918467-3.
- [16] LEE, S. K., YU, K. Corporate culture and organizational performance. *Journal of Managerial Psychology*, 2004, roč. 19, č. 4, s. 340–359.
- [17] LUKÁŠOVÁ, R., NOVÝ, I. et al. *Organizační kultura: od sdílených hodnot a cílů k vyšší výkonnosti podniku*. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0648-2.

- [18] NAHM, A. Y., VONDEREMBSE, M. A., KOUFTEROS, X. A. The Impact of Organizational Culture on Time-Based Manufacturing and Performance. *Decision Sciences*, 2004, roč. 35, č. 4, s. 579–607.
- [19] NGO, H., LOI, R. Human resource flexibility, organizational culture and firm performance: and investigation of multinational firms in Hong Kong. *The International Journal of human Resource Management*, 2008, roč. 19, č. 9, s. 1654–1666.
- [20] O'CASS, A., NGO, L. V. Market orientation versus innovative culture: two routes to superior brand performance. *European Journal of Marketing*, 2007, roč. 41, č. 7/8, s. 868–887.
- [21] POWELL, T. C. Organizational alignment as a competitive advantage. *Strategic Management Journal*, roč. 13, č. 2, 1992, s. 119–134.

Organizational Culture and Firm Performance

Abstract

The paper deals with ten foreign studies which focus on the relationship between organizational culture and firm performance (eventually customer satisfaction). The authors focus on methodology of measuring organizational culture and firm performance, sample of researched organizations, return of questionnaires, used statistical methods and major results of papers. On the basis of these measures are emphasized the most important conclusions of selected articles and methodology of measuring organizational culture to be used in the following research is suggested. This article is a part of the results of the project no. 402/09/2057 „Measurement and management of the intangible assets impact on enterprise performance“ financed by Czech Science Foundation.

Key words

Organizational culture, performance

Kontaktní údaje

Ing. Roman Fiala
Vysoká škola polytechnická Jihlava
Katedra ekonomických studií
Tolstého 16, 586 01 Jihlava
e-mail: fiala@vspj.cz

RNDr. Jana Borůvková, Ph.D.
Vysoká škola polytechnická Jihlava
Katedra matematiky
Tolstého 16, 586 01 Jihlava

Certification of Professional Accountants in Kosovo

Fitim Deari^{*}, Jiří Strouhal^{}**

^{*} South East European University of Tetovo, Macedonia

^{**} University of Economics Prague, Czech Republic

Abstract

The knowledge level of professional accountants is emerging issue in each economy. Change of economic environment in Central and Eastern Europe in 90s of 20th century brought new requirements on professional accountants. This paper follows the methodology of [6] and provides the comparative analysis between accounting certification scheme in the newest European country of Kosovo and international referential (qualifications ACCA, CPA Australia and AIA). The results show relatively high level of compatibility between Kosovo model and international qualification schemes.

Key words

Accounting Certification; International Education Standards; Professional Accountants; Association Coefficients; Kosovo

Introduction

According to [2] accounting is firmly established as an important profession and as a major employment destination. In addition they believe that there is some ambivalence regarding the image of the accounting profession as well as the status of accounting as an academic discipline.

The accounting profession desires a wider range of capabilities (over and above technical ability) that accounting graduates should possess, e.g. the ability to manage stress, an awareness of personal values, a basic knowledge of psychology, communication skills, motivation, persistence, empathy and a sensitivity to social responsibility [5]. The profession has a responsibility towards members to encourage the cultivation of some of these skills and not focus so severely on only technical ability. The current accounting education is often focused on the acquisition of knowledge and an over-emphasis on technical knowledge in order to pass the professional examinations, rather than focusing more on the utilization of knowledge and more holistic attributes [1, 4].

The process of accounting convergence and the issues related to the implementation of IFRSs worldwide are topics of much interest recently for standard setters, researchers and practitioners. Also, this subject is of interest borderless, since IFRSs

tend to become the main set of standards (at least for capital markets) at the international level, and to influence national standards and regulations globally. This process of movement towards IFRSs is supposed to be driven by globalization, because globalizations leads to the need of a single accounting language, and the IASB responds to this need by issuing IFRSs.

Adoption of IFRS as a national accounting system could be vital for true-and-fair view and for the higher comparability of accounting information in globalized world. The crucial necessity will be the wider spread of IFRS knowledge. Generally, IFRS are based on different concept than continental accounting regulation, so it'll be not only about the training of new accounting regulation, but about the training of the different accounting thinking and different approach for posting of accounting transaction. There will be also necessary to provide regular information for professional accountants about the evolution and changes in IFRS and the long-life training. The current possibilities of IFRS adoption in emerging CEE countries are well described:

Absence of description of detailed postings in IFRS brings higher demand on the professional and ethic level of accountants. If you take in account the very limited legislation requirements on the qualification of accountants, none requirements on the long-life education and ethic level and very difficult role of professional chambers trying to deal with this problem, it'll be a long journey and lot of work for us...

Martin Unzeitig († 20.6.2011)

President of Chamber of Certified Accountants Czech Republic (2007-2011)

This paper provides evidence about accounting certification schemes which are run in Kosovo and compare them to international schemes. For the level of compatibility there will be used association coefficients for similarity (harmonization) and dissimilarity measurement.

Certification Schemes for Professional Accountants

Numerous researches deal with information potential of measurement and accounting. Information systems are to assure enough information and transfer it according to a company's need, in relation to a company organization structure [8].

Local Certification Scheme

Kosovo declared its independence on 17 February 2008. Over the past few years Kosovo's economy has shown significant progress in transitioning to a market-based system and maintaining macroeconomic stability, but it is still highly dependent on the international community and the Diasporas for financial and technical assistance.

As a result of the country economic integration, changes in accounting professional education towards international requirements were unavoidable. In 2001 there were established two professional bodies in the area of accounting and auditing. The first

one, the Kosovo Board on Standards for Financial Reporting (KBSFR) which is according to the Law on Financial Reporting required to issue Kosovo Accounting Standards (KAS). The second one, the Society of Certified Accountants and Auditors in Kosovo (SCAAK) which is an organization of professional accounting and auditing.

SCAAK has established a professional accounting certification schemes which comprises from three levels: (i) accounting technicians, (ii) certified accountants, and (iii) auditors. The certification exams are following (see Table 1):

Tab. 1. Certification Exams

<i>Accounting Technician</i>	
P1	Financial Accounting
P2	Managerial and Cost Accounting
P3	Management and Communications
P4	Laws and Taxes in Kosovo
<i>Certified Accountant</i>	
P5	Financial Reporting
P6	Auditing
P7	Financial Management
P8	Applies of Managerial Accounting
<i>Certified Auditor</i>	
P9	Advanced Financial Reporting
P10	Advanced Auditing and Security
P11	Strategic Management
P12	Professional Practice

Source: <http://www.scaak-ks.org>

Currently there are more than 500 certified professional accountants in Kosovo, mainly based in first level (accounting technician). Other levels are connected with the absence of relevant professional literature and professional accountants are not very familiar with globally used methods in financial and cost accounting. Moreover some practitioners state that methodology is something “very scientific” and therefore not necessary in practice.

International Certification Schemes

There shall be mentioned at least following leading accounting certification scheme which are valid and run round the world: (i) ACCA, (ii) AIA, and (iii) CPA. All three systems are possible to study worldwide, so there may be seen students also from Kosovo.

Among the highly recognized accounting certification schemes belongs the scheme of the **Association of Chartered Certified Accountants (ACCA)**. It is a British based professional body founded in 1904, which provides accounting certification worldwide having more than 140 000 members in 170 countries.

Currently ACCA runs two-level scheme consisting of fundamental and professional level. Within the fundamental level there might be applied certain exemptions from the exams, e.g. Czech accounting experts may receive this exemption for all nine papers of fundamental level and they need to pass just exams from professional level. The structure of ACCA scheme is shown within Table 2.

Tab. 2. ACCA Professional Scheme

<i>Fundamental Level</i>	
F1	Accountant in Business
F2	Management Accounting
F3	Financial Accounting
F4	Corporate and Business Law
F5	Performance Management
F6	Taxation
F7	Financial Reporting
F8	Audit and Assurance
F9	Financial Management
<i>Professional Level</i>	
P1	Professional Accountant
P2	International Corporate Reporting
P3	Business Analysis
P4	Advanced Financial Management
P5	Advanced Performance Management
P6	Advanced Taxation
P7	Advanced Audit and Assurance

Source: www.accaglobal.com

All exams are in written form and the required precision ratio is 50 %.

The Association of International Accountants (AIA) is another accounting certification provider based in the United Kingdom. AIA was founded in 1928 and nowadays has their members in more than 85 countries.

AIA runs three-level scheme consisting of one foundation level and two professional levels (see Table 3).

Tab. 3. AIA Professional Scheme

<i>Fundamental Level</i>	
F1	Financial Accounting I
F2	Business Economics
F3	Management Accounting I
F4	Law
F5	Auditing and Taxation
F6	Information Processing
<i>Professional Level I</i>	
P1	Auditing
P2	Company Law
P3	Management Information
P4	Business Management
P5	Financial Accounting II
P6	Management Accounting II
<i>Professional Level II</i>	
P7	Financial Accounting III
P8	Financial Management
P9	Professional Practice
P10	Taxation and Tax Planning

Source: www.aiaworldwide.com

AIA (same like ACCA) provides an opportunity for foreigners to pass the exams in their country. All exams are in written form and the required precision ratio is 50 %.

Certified Practising Accountants Australia (CPA) has been founded in Australia in 1952 from following bodies: Commonwealth Institute of Accountants (est 1886), Federal Institute of Accountants (est 1894). Its certification is well-known in Asia-Pacific area. CPA's system consists just from two levels (see Table 4).

Tab. 4. CPA Australia Professional Scheme

<i>Mentor Program</i>	
P1	Academia
P2	Auditing/Assurance
P3	Financial Accounting
P4	Financial Planning

P5	Information Technology
P6	Insolvency and Reconstruction
P7	Management Accounting
P8	Taxation
P9	Treasury/Financial Risk Management
CPA Status	
P10	Reporting and Professional Practice
P11	Corporate Governance and Accountability
P12	Business Strategy and Leadership

Source: www.cpaaustralia.com.au

There shall be stated that this certification scheme is not widely known and spread within Eastern Europe.

Research Methodology

An empirical analysis is performed on accounting qualification schemes for professional accountants. It involves closely analyzing the foresights of the Kosovo professional accounting certification scheme and global ones (ACCA, AIA, CPA Australia). The similarities and dissimilarities between the considered certification schemes are therefore determined.

The most frequently used methods in trade literature when analyzing the level of comparison between systems are **Jaccards' association coefficients** [6, 7]. The Jaccard coefficient [3] is defined as the size of the intersection divided by the size of the union of the sample sets:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (1)$$

The Jaccard distance is complementary to the Jaccard coefficient and measures the dissimilarities. It is obtained by dividing the difference of the sizes of the union and the intersection of two sets by the size of the union:

$$J_{\delta}(A, B) = 1 - J(A, B) = \frac{|A \cup B| - |A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (2)$$

There was identified a series of elements regarding accounting exams which we then organized within three groups as follows: (i) exams within basic level; (ii) exams within specialized level; and (iii) professional experiences. The two considered coefficients offer the possibility of quantifying both the association degree and the dissimilarity degree between different sets of accounting certification schemes taken into consideration for analysis. So as to dimension the association

or compatibility level, the calculation formula for the Jaccards' coefficients shows as follows:

$$S_{ij} = \frac{a}{a + b + c} \quad (3)$$

$$D_{ij} = \frac{b + c}{a + b + c} \quad (4)$$

where: S_{ij} represents the similarity degree between the two sets of analyzed accounting certification schemes; D_{ij} represents the degree of dissimilitude or diversity between the two sets of analyzed accounting certification schemes; a – the number of elements which take the 1 value for both sets of schemes; b – the number of elements which take the 1 value within the j -set of schemes and the 0 value for the i -set of schemes; c – the number of elements which take the 1 value within the i -set of regulations and the 0 value for the j -set of schemes.

To receive higher robustness of the results we have concluded the testing of similarities and dissimilarities using **Roger-Tanimoto coefficient** and **Lance-Williams coefficient**. The calculation formulas are following:

$$R\&T = \frac{d + a}{d + a + 2(b + c)} \quad (5)$$

$$L\&W = \frac{b + c}{2a + b + c} \quad (6)$$

where: $R\&T$ represents Roger-Tanimoto coefficient (for measurement of the similarity level); $L\&W$ represents Lance-Williams coefficient (for measurement of dissimilarity level); and d represents the number of elements which take the 0 value for both sets of schemes.

Results

As mentioned before, there has been performed comparative analysis of accounting schemes and tested their compatibility. For measurement of similarities have been used Jaccard similarity coefficient and Roger-Tanimoto coefficient; for measurement of dissimilarities have been used Jaccard dissimilarity coefficient and Lance-Williams coefficients. Results are provided within Tables 5 and 6.

Tab. 5. Tests of Similarity

Scheme		KOS	ACCA	AIA	CPA
KOS	JC	1.0000	0.6923	0.7692	0.5714
	RT	1.0000	0.6000	0.6842	0.4545
ACCA	JC	0.6923	1.0000	0.7857	0.7143

	RT	0.6000	1.0000	0.6842	0.6000
AIA	JC	0.7692	0.7857	1.0000	0.7857
	RT	0.6842	0.6842	1.0000	0.6842
CPA	JC	0.5714	0.7143	0.7857	1.0000
	RT	0.4545	0.6000	0.6842	1.0000

Source: own analysis

Tab. 6. Tests of Dissimilarity

Scheme		KOS	ACCA	AIA	CPA
KOS	JC	0.0000	0.3077	0.2308	0.4286
	LW	0.0000	0.1818	0.1304	0.2727
ACCA	JC	0.3077	0.0000	0.2143	0.2857
	LW	0.1818	0.0000	0.1200	0.1667
AIA	JC	0.2308	0.2143	0.0000	0.2143
	LW	0.1304	0.1200	0.0000	0.1200
CPA	JC	0.4286	0.2857	0.2143	0.0000
	LW	0.2727	0.1667	0.1200	0.0000

Source: own analysis

From the presented analysis could be seen, that there is a significantly high level of compatibility between British certification schemes (ACCA and AIA). According to the analysis of Kosovo certification scheme, there shall be stated that as a closest to local one might be considered AIA professional scheme (comparable for 76.92 % using Jaccard coefficient, resp. 68.42 % using Roger-Tanimoto coefficient). On the other hand there is very low level of compatibility of Kosovo scheme with Australasian CPA professional scheme (in the terms of dissimilarity measures: 42.86 % when using Jaccard coefficient).

Conclusion

Kosovo is youngest country in the world and therefore its own economy is still very young and improving. There should be stated that the professional qualification is not requested by labour market. Professional accounting certification schemes need to be, as well as in majority of emerging economies, more promoted to the whole accounting profession as well as to employers.

Acknowledgement

This paper is one of the research outputs of projects MSM 6138439903 registered at Ministry of Education CR.

References

- [1] BAYOU, MohamedE., and REINSTEIN, Alan. The Dual Role of Critical Thinking in Accounting Education. *Advances in Accounting Education, Teaching and Curriculum Innovations*, 2000, vol. 2, ISSN: 1085-4622.
- [2] FISHER, Roy, and MURPHY, Vivienne. A Pariah Profession? Some Students' Perceptions of Accounting and Accountancy. *Studies in Higher Education*, 1995, vol. 20, no. 1, pp. 45-58, ISSN: 0307-5079.
- [3] JACCARD, Paul. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 1901, vol. 37, pp. 547-579, ISSN: 0037-9603.
- [4] KOCH, E., and KRIEL, M. An Argument for Integrating Language or Language-Related Skills in the Accounting Curriculum. *Journal of Higher Education*, 2005, vol. 19, no. 3, pp. 218-229, ISSN: 0022-1546.
- [5] SCOTT, M. R. et al. A Discriminant Analysis Profile of the Early Development of Professional Accounting Capabilities. *Issues in Accounting Education*, 1998, vol. 13, no. 2, pp. 341-356, ISSN: 1558-7983.
- [6] STROUHAL, Jiří, and KALLASTE, Kaidi. Accounting Professional Education Schemes: Case of Czech Republic and Estonia. *WSEAS Transactions on Communications*, 2010, vol. 9, no. 8, pp. 485-494, ISSN: 1109-2742.
- [7] STROUHAL, Jiří et al. National and International Financial Reporting Rules: Testing the Compatibility of Czech Reporting from the SMEs Perspective. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 2009, vol. 6, no. 12, pp. 620-629, ISSN: 1109-9526.
- [8] TUČKOVÁ, Zuzana, and STROUHAL, Jiří. Knowledge-Intensive Services: New Leader of Production Stages?. *WSEAS Transactions on Systems*, 2010, vol. 9, no. 4, pp. 432-441, ISSN: 1109-2777.

Contact Details

Fitim Deari, MBA
South East European University of Tetovo
Ilindenska bb, 1200 Tetovo
Macedonia (FYROM)

Jiří Strouhal, Ph.D.
University of Economics Prague
W. Churchill Square 4, 130 67 Prague 3
Czech Republic
email: strouhal@vse.cz.

Appendix – Data Source for Statistical Analysis

Paper	KOS	ACCA	AIA	CPA
Accounting I	☺	☺	☺	☺
Law	☺	☺	☺	☹
ICT	☹	☹	☺	☺
Economics	☺	☹	☺	☹
Taxation	☺	☺	☺	☺
Ethics	☹	☺	☺	☺
Finance	☺	☺	☺	☺
Managerial Accounting	☺	☺	☺	☺
IFRS	☺	☺	☺	☺
Financial Management	☹	☺	☺	☺
Management	☺	☺	☺	☺
Auditing	☺	☺	☺	☺
Performance Management	☹	☺	☹	☹
Financial Reporting	☺	☺	☺	☺
Insolvency and Reconstruction	☹	☹	☹	☺

Úředníky vnímaná konkurence při poskytování veřejných služeb

Pavel Rousek, Martin Maršík

Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Abstrakt

Článek popisuje současný stav v oblasti zabezpečování vybraných veřejných služeb soukromoprávními subjekty (neboli externími dodavateli), přičemž u těchto soukromých subjektů je klíčové sledování a následná analýza konkurenčního prostředí. Rozhodující faktor konkurence je v článku sledován v návaznosti na další faktory, kterými jsou například měřitelnost výstupů poskytované veřejné služby, specifčnost aktiv potřebných pro zabezpečování veřejné služby apod. Na základě provedených analýz těchto skutečností jsou vyvozeny určité závěry, formulovány klíčové otázky a možné směry dalšího výzkumu a případně také navržena adekvátní řešení, která by pomohla posunout současný stav blíže k cílovému stavu, který lze definovat jako konkurenční prostředí na trhu dodavatelů veřejných služeb.

Klíčová slova

Konkurenční prostředí, měřitelnost výstupů, riziko vzniku monopolu

Úvod

Tento článek, ve kterém je analyzováno konkurenční prostředí při poskytování veřejných služeb, je členěn na několik logicky oddělených celků. První část příspěvku analyzuje vztah mezi konkurenčním prostředím a specifčnostmi aktiv potřebných k poskytování veřejných služeb. Druhá část obsahuje analýzu vztahu mezi konkurencí a měřitelností výstupů při poskytování služeb.

Níže popsáný výzkum sledoval celou řadu veřejných služeb, z nichž šesticí byla věnována zvýšená pozornost. Touto šesticí je údržba místních komunikací, udržování veřejné zeleně, odvoz komunálního odpadu, provoz veřejného osvětlení, pohřebnictví, čištění odpadních vod. Stejným službám se věnuje také tento příspěvek.

V souvislosti s aktuální praxí a existujícími poznatky je téma odbornou veřejností považováno za aktuální a důležité. Hned v úvodu je však potřeba podotknout, že se v tuto chvíli jedná o první vyhodnocení dat, kterým autoři chtějí určit směr svého dalšího zkoumání. Cílem příspěvku není vyvození finálních závěrů a konečných doporučení. Při interpretaci výsledků bude potřeba zohlednit fakt, že jde o konkurenci vnímanou ze strany obecních úředníků.

Materiál a metody

Metodika sběru dat

V článku je využito primárních dat z výzkumu mezi obcemi České republiky. Do výzkumu byly zapojeny všechny municipality ČR, přičemž 900 z nich v rámci dotazníkového šetření odpovědělo. Tento článek vznikl na základě části dotazníku, která byla zaměřena zejména na statutární města.

Pro sběr dat byla použita forma elektronického dotazníku, pro což hovořily výhody, které se projeví v obdobných výzkumech v minulosti. Dotazník měl dvě verze. Stručnější varianta dotazníku byla vyplňována pracovníky obecních, městských úřadů a úřadů městysů samostatně. Rozsáhlejší verzi dotazníku vyplňovali pracovníci magistrátů za asistence školeného tazatele.

Úředníci odpovídali na otázky týkající se vnímané konkurence, vnímané specifčnosti aktiv a jejich vnímané měřitelnosti v níže uvedených škálách.

Specifčnost aktiv:

- 0 Aktiva nelze využít pro poskytování jiné služby.
- 1 Aktiva lze použít na poskytování jiné služby pouze s vynaložením takových dodatečných nákladů, že pochybuji, že by to mělo ekonomicky smysl.
- 2 Aktiva lze použít na poskytování jiné služby po vynaložení velmi vysokých nákladů.
- 3 Aktiva lze použít na poskytování jiné služby, avšak musí být vynaloženy určité náklady.
- 4 Aktiva lze použít na poskytování jiné služby po vynaložení relativně zanedbatelných nákladů.
- 5 Aktiva lze bez problémů používat i na poskytování jiné služby.

Měřitelnost výstupů:

- 0 Naprosto nelze měřit objem a kvalitu poskytované služby
- 1 Objem a kvalitu poskytované služby téměř nelze definovat a měřit.
- 2 Objem a kvalitu poskytované služby lze definovat a měřit velmi problematičtě.
- 3 Objem a kvalitu poskytované služby lze definovat a měřit s určitými problémy.
- 4 Objem a kvalitu poskytované služby lze definovat a měřit s relativně zanedbatelnými problémy.
- 5 Objem a kvalitu poskytované služby lze jasně definovat a měřit.

Konkurence je primárně měřena počtem konkurujících si firem. Aby byly výsledky srovnatelné s ostatními daty, jsou převedeny na stejný interval vynásobením zvolenou konstantou. Výsledek tedy odpovídá ostatním datům s minimem 0 a maximem 5.

Metodika hodnocení dat

Analýza dat se snažila o nalezení závislosti konkurenčního prostředí na jiných faktorech. Pro toto byla připravena metodika, podle které byla primární data zpracována.

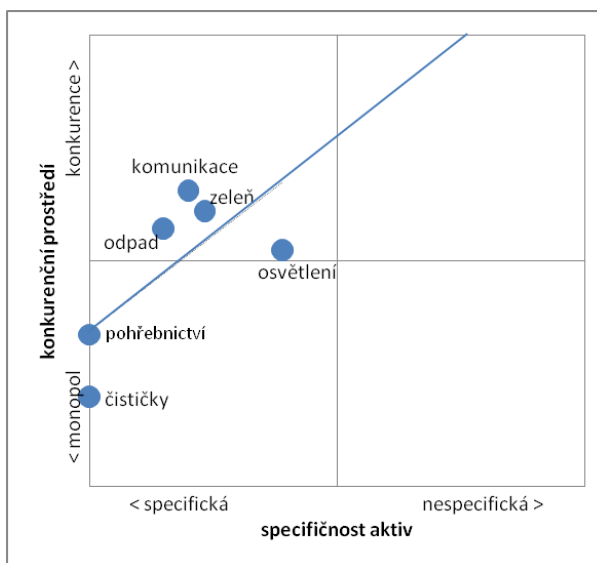
Vnímaná konkurence, vnímaná specifičnost a vnímaná měřitelnost byla zprůměrována a průměry zaneseny do dvourozměrného grafu, přičemž hranice kvadrantů byly stanoveny na hodnoty 0; 2,5 a 5. Následně byla provedena shluková analýza, aby byly služby rozděleny do skupin, které jsou uvnitř homogenní, ale navenek heterogenní.

Výsledky a diskuse

Vliv specifičnosti aktiv na konkurenční prostředí

Pro vliv specifičnosti aktiv na konkurenční prostředí byla definována následující hypotéza: „Zvyšující se míra specifičnosti aktiv negativně ovlivňuje počet potenciálních dodavatelů na trhu sledované veřejné služby.“

Obrázek 1: Vliv specifičnosti aktiv na konkurenční prostředí



Zdroj: Vlastní výzkum.

Graf na základě provedené shlukové analýzy ukazuje, že se sledované služby rozdělují do tří skupin.

Do první skupiny sledovaných služeb patří čištění odpadních vod a pohřebnictví. Tyto služby jsou charakteristické velmi vysokou mírou specifičnosti aktiv, což je zároveň

doprovázeno monopolním prostředím na trhu poskytovatelů těchto služeb. Tato skupina tedy potvrzuje pravdivost definované hypotézy.

Služby manipulace s komunálním odpadem, údržba místních komunikací a udržování veřejné zeleně spadají do druhé skupiny veřejných služeb. Tato skupina je oproti výše jmenovaným službám první skupiny vyznačuje nižší specifičností aktiv a větší konkurencí poskytovatelů. Také tento fakt potvrzuje formulovanou hypotézu.

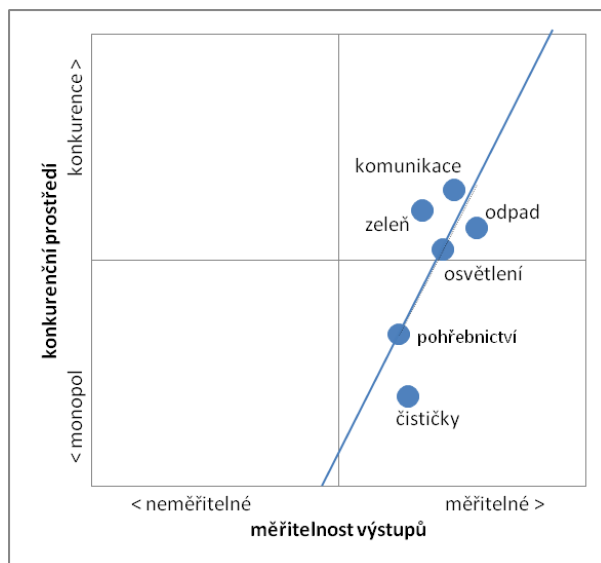
Specifickou službou je provoz veřejného osvětlení. Tato služba vykazuje nejnižší specifičnost aktiv, tento fakt však není doprovázen nejkonkurenčnějším prostředím. Tento fakt, který zdánlivě odporuje hypotéze, lze vysvětlit jinou vlastností aktiv pro poskytování veřejného osvětlení. Touto vlastností je vázanost aktiv na konkrétní místo, která vede k lokálním monopolům. V ČR existuje celá řada poskytovatelů služby veřejné osvětlení, tito poskytovatelé však působí pouze lokálně, proto je konkurence vnímána jako relativně nízká.

Na základě výše uvedených faktů nelze tedy hypotézu, která předpokládá, že vyšší specifičnost aktiv snižuje konkurenci, vyvrátit.

Vliv měřitelnosti výstupů na konkurenční prostředí

Autoři pro tuto oblast definovali hypotézu ve znění: „Zvyšující se míra měřitelnosti výstupů pozitivně ovlivňuje počet potenciálních dodavatelů na trhu sledované veřejné služby.“

Obrázek 2: Vliv měřitelnosti výstupů na konkurenční prostředí



Zdroj: Vlastní výzkum.

Touto analýzou se služby rozdělily do dvou oddělených skupin.

Do první skupiny opět patří služby čištění odpadních vod a pohřebnictví. Charakteristickým rysem této skupiny je nejnižší míra měřitelnosti výstupů oproti

ostatním sledovaným službám, v absolutní míře je však hodnota této vlastnosti poměrně vysoká, takže lze výstupy považovat za měřitelné. Dále lze tržní prostředí těchto služeb považovat za monopolní.

Ostatní služby tentokrát tvoří homogenní skupinu s měřitelnými výstupy a konkurenčním prostředím.

Při srovnání obou skupin služeb lze konstatovat, že posun v počtu konkurentů je markantní, avšak difference z pohledu měřitelnosti téměř nulová. Z uvedeného důvodu nelze měřitelnost považovat za klíčový faktor ovlivňující konkurenční prostředí a formulovanou hypotézu nelze potvrdit.

Závěr

V příspěvku jsme provedli analýzu faktorů ovlivňujících konkurenční prostředí na trhu dodavatelů veřejných služeb. Sledovanými parametry byla vnímaná specifická aktiv a vnímaná měřitelnost výstupů. V případě specifickosti aktiv bylo zjištěno, že vyšší míra specifickosti aktiv se negativně odrazí v počtu potenciálních dodavatelů sledované veřejné služby. V případě měřitelnosti výstupů nemohla být na dostatečné hladině významnosti potvrzena hypotéza tvrdící, že vyšší měřitelnost výstupů pozitivně zvyšuje počet potenciálních dodavatelů na trhu sledované veřejné služby.

Zde si dovolíme zopakovat, že omezením interpretace je způsob získání dat. Dotazníky byly vyplňovány obecními úředníky, takže se jedná o vnímané faktory z jejich strany.

Inspirací pro další výzkumy může být:

- ověření uvedených závěrů,
- analýza mechanismů, které působí mezi sledovanými příčinami a konkurencí,
- vytipování dalších možných příčin.

Literatura

- [1] NEMEC, J., BERČÍK, P., ŠUMPÍKOVÁ, M. 2006. Modernizácia verejnej správy v SR a jej priemet do fungovania územnej samosprávy. In *Management územní samosprávy*. Brno: Masarykova universita, 2006. ISBN 80-210-3957-4.
- [2] OCHRANA, F. *Veřejné služby – jejich poskytování, zadávání a hodnocení*. Vydání 1. Praha: Ekopress, 2007. ISBN 978-80-86929-31-6.
- [3] PAVEL, J. 2006. *Efektivnost a transparentnost obecních obchodních společností*. Praha: Transparency International, 2006.
- [4] PŮČEK, M., OCHRANA, F. 2009. *Chytrá veřejná správa. Kohezní politika*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2009. ISBN 978-80-86616-27-4.

- [5] ŘEŽUCHOVÁ, M. 2009. Rozhodování o způsobu poskytování místních veřejných služeb. In *Teoretické a praktické aspekty veřejných financí* [CD]. Praha: Vysoká škola ekonomická, 2009. ISBN 978-80 245-1513-7.
- [6] Zákon č. 128/2000 Sb., o *obcích (obecní zřízení)*, ve znění pozdějších změn a doplňků.
- [7] Zákon č. 137/2006 Sb., o *veřejných zakázkách*, ve znění pozdějších změn a doplňků.

Competition in the Public Services Delivering Provided by Officials

Abstract

This paper describes the current situation in delivering of selected public services by private entities (outsourced public services). The key is monitoring and analysis of the competitive environment. In the paper is observed the decisive factor of competition in relation to other factors (such as the measurable outcomes of public service, the specificity of assets for the public service, etc.) Based on the analysis of those facts are drawn some conclusions, there are formulated key questions and possible directions for further research and also there are proposed adequate solutions that would help bring the state closer to the target state, which can be defined as competitive market.

Key words

Competitive environment, measurable outcomes, the risk of monopoly

Kontaktní údaje

Ing. Pavel Rousek
Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích
Katedra ekonomiky a managementu
tel. +420 387 842 159
e-mail: rousek@mail.vstecb.cz

Ing. Martin Maršík, Ph.D.
Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích
Katedra ekonomiky a managementu
tel. +420 387 842 165
e-mail: marsik@mail.vstecb.cz

Geometry of One Special Type of Surfaces in $\mathbb{R}^3$

Miloš Kaňka

Department of Mathematics and Statistics
College of Polytechnics Jihlava

Abstract

The aim of this paper is to give formulas for Gaussian and Mean curvature of one special type of surfaces of the form

$$x_1^\alpha + x_2^\alpha + x_3^\alpha = 1, \text{ where } \alpha \in \mathbb{R}, \alpha > 0, \alpha \neq 1. \quad (1)$$

This paper doesn't give new and therefore unknown results in pure mathematics. The aim of this work is to give an example of parametrical description of the problem to the reader.

Key words

Special type of surfaces in $\mathbb{R}^3$, tangent vectors, unit normal vector, first fundamental form, second fundamental form, Weingarten map, Gaussian curvature, Mean curvature.

Introduction

In [4] we studied the Gaussian curvature of surfaces of this type without using their parametrical description. To reach the formulas of Gaussian and Mean Curvature, we use in this remark parametrical description of (1) in the form

$$x_3 = f(x_1, x_2) = (1 - x_1^\alpha - x_2^\alpha)^{1/\alpha}, \quad 1 - x_1^\alpha - x_2^\alpha > 0.$$

My results

The tangent and normal vectors at the arbitrary point $x = (x_1, x_2, x_3) \in S$ are:

$$\begin{aligned} \mathbf{g}_{x_1} &= (1, 0, f_{x_1}(x_1, x_2)), \\ \mathbf{g}_{x_2} &= (0, 1, f_{x_2}(x_1, x_2)), \\ \mathbf{n} &= (-f_{x_1}(x_1, x_2), -f_{x_2}(x_1, x_2), 1). \end{aligned}$$

In case of (1) the tangent vectors and the normal vector have the form

$$\mathbf{g}_{x_1} = \left(1, 0, \frac{-x_1^{\alpha-1}}{\left(1-x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}} \right), \quad \mathbf{g}_{x_2} = \left(0, 1, \frac{-x_2^{\alpha-1}}{\left(1-x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}} \right), \quad (2)$$

$$\mathbf{n} = \left(\frac{x_1^{\alpha-1}}{\left(1-x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}, \frac{x_2^{\alpha-1}}{\left(1-x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}, 1 \right). \quad (3)$$

It is also possible to rewrite vectors (2) and (3) in the form

$$\begin{aligned} \mathbf{g}_{x_1} &= \left(1, 0, -\left(\frac{x_1}{x_3}\right)^{\alpha-1} \right), \\ \mathbf{g}_{x_2} &= \left(0, 1, -\left(\frac{x_2}{x_3}\right)^{\alpha-1} \right), \\ \mathbf{n} &= \left(\left(\frac{x_1}{x_3}\right)^{\alpha-1}, \left(\frac{x_2}{x_3}\right)^{\alpha-1}, 1 \right). \end{aligned}$$

The unit normal $\mathbf{N}$ has the form

$$\mathbf{N} = \frac{1}{\left(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2}\right)^{1/2}} \cdot (x_1^{\alpha-1}, x_2^{\alpha-1}, x_3^{\alpha-1}).$$

The equation $\mathbf{N} \cdot \mathbf{N} = 1$ gives

$$(\mathbf{N} \cdot \mathbf{N})_{x_1} = 0 \wedge (\mathbf{N} \cdot \mathbf{N})_{x_2} = 0 \Rightarrow 2 \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{N}_{x_1} = 0 \wedge 2 \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{N}_{x_2} = 0. \quad (4)$$

From (4) follows that $\mathbf{N}_{x_1}, \mathbf{N}_{x_2} \in T_x(S)$. We can express the vectors $\mathbf{N}_{x_1}$ and $\mathbf{N}_{x_2}$ as a linear combination of the bases of $T_x(S)$, where $x = (x_1, x_2, x_3)$. So we have

$$\begin{aligned} \mathbf{N}_{x_1} &= a_{11}\mathbf{g}_{x_1} + a_{12}\mathbf{g}_{x_2}, \\ \mathbf{N}_{x_2} &= a_{21}\mathbf{g}_{x_1} + a_{22}\mathbf{g}_{x_2}. \end{aligned} \quad (5)$$

From (5) follows

$$\begin{aligned} \mathbf{N}_{x_1} \cdot \mathbf{g}_{x_1} &= a_{11}g_{11} + a_{12}g_{12}, & \mathbf{N}_{x_1} \cdot \mathbf{g}_{x_2} &= a_{11}g_{12} + a_{12}g_{22}, \\ \mathbf{N}_{x_2} \cdot \mathbf{g}_{x_1} &= a_{21}g_{11} + a_{22}g_{12}, & \mathbf{N}_{x_2} \cdot \mathbf{g}_{x_2} &= a_{21}g_{12} + a_{22}g_{22}, \end{aligned} \quad \text{or} \quad (6)$$

where functions

$$g_{11} = 1 + \frac{x_1^{2\alpha-2}}{\left(1 - x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{2\alpha-2}{\alpha}}},$$

$$g_{12} = \frac{(x_1 \cdot x_2)^{\alpha-1}}{\left(1 - x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{2\alpha-2}{\alpha}}},$$

$$g_{22} = 1 + \frac{x_2^{2\alpha-2}}{\left(1 - x_1^\alpha - x_2^\alpha\right)^{\frac{2\alpha-2}{\alpha}}},$$

which can be also written in the form

$$g_{11} = 1 + \left(\frac{x_1}{x_3}\right)^{2\alpha-2}, \quad g_{12} = \left(\frac{x_1}{x_3}\right)^{\alpha-1} \cdot \left(\frac{x_2}{x_3}\right)^{\alpha-1}, \quad g_{22} = 1 + \left(\frac{x_2}{x_3}\right)^{2\alpha-2},$$

are the coefficients of the first fundamental form

$$g_{11} dx_1^2 + 2g_{12} dx_1 dx_2 + g_{22} dx_2^2.$$

On the other hand, we have

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1} = 0 \Rightarrow \mathbf{N}_{x_1} \cdot \mathbf{g}_{x_1} + \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1 x_1} = 0 \Rightarrow \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1 x_1} = -\mathbf{N}_{x_1} \cdot \mathbf{g}_{x_1},$$

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1} = 0 \Rightarrow \mathbf{N}_{x_2} \cdot \mathbf{g}_{x_1} + \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1 x_2} = 0 \Rightarrow \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1 x_2} = -\mathbf{N}_{x_2} \cdot \mathbf{g}_{x_1}$$

and analogically

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_2} = 0 \Rightarrow \mathbf{N}_{x_2} \cdot \mathbf{g}_{x_2} + \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_2 x_2} = 0 \Rightarrow \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_2 x_2} = -\mathbf{N}_{x_2} \cdot \mathbf{g}_{x_2},$$

$$\mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_2} = 0 \Rightarrow \mathbf{N}_{x_1} \cdot \mathbf{g}_{x_2} + \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1 x_2} = 0 \Rightarrow \mathbf{N} \cdot \mathbf{g}_{x_1 x_2} = -\mathbf{N}_{x_1} \cdot \mathbf{g}_{x_2}.$$

The functions

$$G_{11} = N \cdot g_{x_1 x_1}, \quad G_{12} = G_{21} = N \cdot g_{x_1 x_2}, \quad G_{22} = N \cdot g_{x_2 x_2}$$

are the coefficients of the second fundamental form

$$G_{11} dx_1^2 + 2G_{12} dx_1 dx_2 + G_{22} dx_2^2.$$

The functions G_{11} , G_{22} , G_{12} have the form

$$G_{11} = \frac{(\alpha - 1) \cdot x_1^{\alpha-2} \cdot (x_2^\alpha - 1)}{x_3^\alpha \cdot (x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^{1/2}},$$

$$G_{22} = \frac{(\alpha - 1) \cdot x_2^{\alpha-2} \cdot (x_1^\alpha - 1)}{x_3^\alpha \cdot (x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^{1/2}},$$

$$G_{12} = \frac{(1 - \alpha) \cdot x_1^{\alpha-1} \cdot x_2^{\alpha-1}}{x_3^\alpha \cdot (x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^{1/2}}.$$

Thanks to equations (6) we obtain

$$\begin{aligned} G_{11} &= -a_{11}g_{11} - a_{12}g_{12}, & \text{or} & & G_{12} &= -a_{11}g_{12} - a_{12}g_{22}, \\ G_{12} &= -a_{21}g_{11} - a_{22}g_{12}, & & & G_{22} &= -a_{21}g_{12} - a_{22}g_{22}. \end{aligned} \quad (7)$$

Equations (7) have the form

$$\begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{12} & G_{22} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{12} & g_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix}$$

or finally the form

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{12} & g_{22} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{12} & G_{22} \end{pmatrix},$$

which means

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix} = \frac{-1}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \begin{pmatrix} g_{22} & -g_{12} \\ -g_{12} & g_{11} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{12} & G_{22} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

From (8) we can obtain the real form of functions a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} :

$$a_{11} = \frac{G_{11} \cdot g_{22} - G_{12} \cdot g_{12}}{g_{12}^2 - g_{11} \cdot g_{22}}, \quad a_{21} = \frac{G_{12} \cdot g_{22} - G_{22} \cdot g_{12}}{g_{12}^2 - g_{11} \cdot g_{22}},$$

$$a_{12} = \frac{-G_{11} \cdot g_{12} + G_{12} \cdot g_{11}}{g_{12}^2 - g_{11} \cdot g_{22}}, \quad a_{22} = \frac{-G_{12} \cdot g_{12} + G_{22} \cdot g_{11}}{g_{12}^2 - g_{11} \cdot g_{22}}.$$

Substituting into (5) we obtain

$$-\mathbf{N}_{x_1} = \frac{G_{11} \cdot g_{22} - G_{12} \cdot g_{12}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \mathbf{g}_{x_1} + \frac{-G_{11} \cdot g_{12} + G_{12} \cdot g_{11}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \mathbf{g}_{x_2},$$

$$-\mathbf{N}_{x_2} = \frac{G_{12} \cdot g_{22} - G_{22} \cdot g_{12}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \mathbf{g}_{x_1} + \frac{-G_{12} \cdot g_{12} + G_{22} \cdot g_{11}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \mathbf{g}_{x_2}.$$

The Weingarten map defined for regular surfaces S by the formula

$$W(\mathbf{v}_p) = -\mathbf{N}_v,$$

where $\mathbf{v}_p \in T_p(S)$ and $\mathbf{N}$ is a unit normal defined in a neighborhood of a point $p \in S$, and N_v is the derivative with respect to $\mathbf{v}_p$. So we have

$$W(\mathbf{g}_{x_1}) = -\mathbf{N}_{x_1}, \text{ and } W(\mathbf{g}_{x_2}) = -\mathbf{N}_{x_2}.$$

The Gaussian curvature K equals the determinant $\det W$ which means the determinant

$$K = \det \begin{pmatrix} \frac{G_{11} \cdot g_{22} - G_{12} \cdot g_{12}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} & \frac{-G_{11} \cdot g_{12} + G_{12} \cdot g_{11}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \\ \frac{G_{12} \cdot g_{22} - G_{22} \cdot g_{12}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} & \frac{-G_{12} \cdot g_{12} + G_{22} \cdot g_{11}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \end{pmatrix}.$$

So we have

$$K = \frac{G_{11} \cdot G_{22} - G_{12}^2}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2}.$$

The mean curvature equals the trace of the matrix

$$H = \frac{1}{2} \text{tr} \begin{pmatrix} \frac{G_{11} \cdot g_{22} - G_{12} \cdot g_{12}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} & \frac{-G_{11} \cdot g_{12} + G_{12} \cdot g_{11}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \\ \frac{G_{12} \cdot g_{22} - G_{22} \cdot g_{12}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} & \frac{-G_{12} \cdot g_{12} + G_{22} \cdot g_{11}}{g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2} \end{pmatrix}.$$

The detailed calculation gives

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{(\alpha-1)^2 x_1^{\alpha-2} x_2^{\alpha-2} (x_1^\alpha - 1)(x_2^\alpha - 1) - (\alpha-1)^2 x_1^{2\alpha-2} x_2^{2\alpha-2}}{x_3^{2\alpha} (x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})} = \\
 &= \frac{(\alpha-1)^2 x_1^{\alpha-2} x_2^{\alpha-2} [1 - x_1^\alpha - x_2^\alpha + x_1^\alpha x_2^\alpha - x_1^\alpha x_2^\alpha]}{x_3^{2\alpha} (x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})} = \\
 &= \frac{(\alpha-1)^2 x_3^{-2} x_1^{\alpha-2} x_2^{\alpha-2} x_3^\alpha}{(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^2} = \frac{(\alpha-1)^2 (x_1 x_2 x_3)^{\alpha-2}}{(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^2}
 \end{aligned}$$

Further we have

$$H = \frac{G_{11} \cdot g_{22} - 2G_{12} \cdot g_{12} + G_{22} \cdot g_{11}}{2(g_{11} \cdot g_{22} - g_{12}^2)}.$$

In case of special surfaces (1) we obtain

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{\left(1 + \frac{x_2^{2\alpha-2}}{x_3^{2\alpha-2}}\right) \frac{(1-\alpha) x_1^{\alpha-2} (1-x_2^\alpha)}{x_3^{2\alpha-1}} + 2 \frac{(\alpha-1) x_1^{2\alpha-2} x_2^{2\alpha-2}}{x_3^{4\alpha-3}}}{2 \left(\frac{x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2}}{x_3^{2\alpha-2}} \right)^{3/2}} + \\
 &+ \frac{\left(1 + \frac{x_1^{2\alpha-2}}{x_3^{2\alpha-2}}\right) \frac{(1-\alpha) x_2^{\alpha-2} (1-x_1^\alpha)}{x_3^{2\alpha-1}}}{2 \left(\frac{x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2}}{x_3^{2\alpha-2}} \right)^{3/2}}.
 \end{aligned}$$

The formula for H is

$$H = \frac{(1-\alpha) \frac{1}{x_3^\alpha} A}{2(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^{3/2}},$$

where

$$\begin{aligned} A &= (x_3^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2})x_1^{\alpha-2}(1-x_2^\alpha) - 2x_1^{2\alpha-2}x_2^{2\alpha-2} + \\ &\quad + (x_3^{2\alpha-2} + x_1^{2\alpha-2})x_2^{\alpha-2}(1-x_1^\alpha) = \\ &= x_3^{2\alpha-2}x_1^{\alpha-2}(x_1^\alpha + x_3^\alpha) + x_2^{2\alpha-2}x_1^{\alpha-2}(1-x_2^\alpha - x_1^\alpha) + \\ &\quad + x_1^{2\alpha-2}x_2^{\alpha-2}(1-x_1^\alpha - x_2^\alpha) + x_3^{2\alpha-2}x_2^{\alpha-2}(1-x_1^\alpha). \end{aligned}$$

We have

$$\begin{aligned} (1-\alpha)\frac{1}{x_3^\alpha}A &= (1-\alpha)[x_3^{\alpha-2}x_1^{\alpha-2}(x_1^\alpha + x_3^\alpha) + \\ &\quad + x_1^{\alpha-2}x_2^{\alpha-2}(x_2^\alpha + x_1^\alpha) + x_2^{\alpha-2}x_3^{\alpha-2}(x_2^\alpha + x_3^\alpha)]. \end{aligned}$$

The formula for Mean curvature can be written in the form

$$H = \frac{(1-\alpha)\left[(x_1x_2)^{\alpha-2}(x_1^\alpha + x_2^\alpha) + (x_2x_3)^{\alpha-2}(x_2^\alpha + x_3^\alpha) + (x_1x_3)^{\alpha-2}(x_1^\alpha + x_3^\alpha)\right]}{2\left(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2}\right)^{3/2}}.$$

Conclusion

Gaussian and Mean curvatures of special surface (1) are

$$K = \frac{(\alpha-1)^2(x_1x_2x_3)^{\alpha-2}}{(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2})^2}$$

and

$$H = \frac{(1-\alpha)\left[(x_1x_2)^{\alpha-2}(x_1^\alpha + x_2^\alpha) + (x_2x_3)^{\alpha-2}(x_2^\alpha + x_3^\alpha) + (x_1x_3)^{\alpha-2}(x_1^\alpha + x_3^\alpha)\right]}{2\left(x_1^{2\alpha-2} + x_2^{2\alpha-2} + x_3^{2\alpha-2}\right)^{3/2}}.$$

References

- [1] BUREŠ, Jarolím – KAŇKA, Miloš. *Some Conditions for a Surface in E^4 to be a Part of the Sphere S^2* . *Mathematica Bohemica* 4 1994. s. 367–371.
- [2] GRAY, Alfred. *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*. Boca Raton: CRC Press, 1998.
- [3] KAŇKA, Miloš. *Example of Basic Structure Equations of Riemannian Manifolds*. *Mundus Symbolicus* 3 1995. s. 57–62.

- [4] KAŇKA, Miloš. *The Gaussian Curvature of a Special Type of Superquadrics*. Mundus Symbolicus 17 2009. s. 67–71.
- [5] KAŇKA, Miloš. *Some Examples of Gaussian Curvature, Mean Curvature and Principal Curvatures of Generalized Cobb-Douglas Surfaces in R^3* . International conference AMSE in Poprad 2007. s. 99–105.
- [6] KAŇKA, Miloš – KAŇKOVÁ, Eva. *The Using of the Model on Decision Making about the Access the Currency Union*. Mundus Symbolicus 13 2005. s. 31–40.
- [7] KAŇKA, Miloš – KAŇKOVÁ, Eva – JAROŠOVÁ, Martina – ZEITHAMER, Tomáš – ELIÁŠOVÁ, Lada. *Some Examples of Utility Functions Studied from Geometrical Point of View*. Mundus Symbolicus 17 2009. s. 73–78.
- [8] KOBAYASHI, Shoshichi – NOMIZU, Katsumi. *Foundations of Differential Geometry*. New York: Wiley (Inter-science), 1963.
- [9] NOMIZU, Katsumi. *Lie Groups and Differential Geometry*. Tokyo: The Mathematical Society of Japan, 1956.
- [10] STERNBERG, Sholomo. *Lectures on Differential Geometry*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1964.

Contact

Miloš Kaňka
College of Polytechnics Jihlava
Department of Mathematics and Statistics
Tolstého 16, 586 01 Jihlava
Czech Republic
e-mail: kanka@vse.cz

LOGOS POLYTECHNIKOS

Odborný recenzovaný časopis Vysoké školy polytechnické Jihlava, který svým obsahem reflektuje zaměření studijních programů VŠPJ. Tematický je zaměřen do oblastí společenskovedních a technických. Jednotlivá čísla jsou úžeji vymezená.

Časopis vychází 4x ročně v nákladu 150 výtisků

Šéfredaktor: doc. PhDr. Martin Hemelík, Ph.D.

Odpovědní redaktori tohoto čísla:

RNDr. Marie Hojdarová, CSc. (matematika)

Ing. Libuše Měrtlová, Ph.D. (krizový management)

Ing. Ladislav Šiška, Ph.D. (ekonomie)

Editor: Bc. Magda Malenová (komunikace s autory a recenzenty)

Technické zpracování: Ondřej Chalupa, DiS.

Web editor: Jitka Kalabusová

Redakční rada:

prof. Ing. Bohumil Minařík, CSc., prof. Ing. Tomáš Dostál, DrSc.,

prof. PhDr. Ivo Jirásek, Ph.D., prof. MUDr. Aleš Roztočil, CSc.,

doc. Mgr. Ing. Martin Dlouhý, Dr., prof. RNDr. Ivan Holoubek, CSc.,

doc. PhDr. Ladislav Benyovszky, CSc., prof. PhDr. Ivan Blecha, CSc.,

doc. PhDr. Karel Pstružina, CSc., doc. PhDr. Ján Pavlík, Ing. Jiří Dušek, Ph.D.

Pokyny pro autory a deklarovaná forma příspěvků jsou dostupné na <https://www.vspj.cz/tvurci-cinnost/casopisy-vspj/logos-polytechnikos>

Zasílání příspěvků

Redakce přijímá příspěvky v českém, slovenském nebo světovém jazyku elektronicky na adrese logos@vspj.cz

Adresa redakce:

Vysoká škola polytechnická Jihlava, Tolstého 16, 586 01 Jihlava

Distribuce: časopis je dostupný v elektronické podobě na webových stránkách školy. V omezeném množství jej lze vyžádat zdarma na adrese redakce.

Vydání: prosinec 2011

© Vysoká škola polytechnická Jihlava