

Technológie pre HUD displeje v automobiloch

Mižuš Gabriel · Elektrotechnika, Informačné technológie

10.09.2014



HUD (Head-up Display) je kategorizovaný medzi asistenčné systémy. Je bližšie špecifikovaný ako asistenčný systém pre podporu vodiča. Nakoľko premietaním informácií do zorného poľa vodiča znižuje nebezpečenstvo nehody, zaradzuje sa taktiež medzi prvky aktívnej bezpečnosti. Najdôležitejšia časť HUD displejov sú systémy, ktoré vytvárajú obraz. Predkladaný článok uvádza prehľad technológií, ktoré sú v súčasnosti najčastejšie používané pre vytváranie obrazu v HUD displejoch.

Úvod

HUD (Head-up Display) je elektrooptické zariadenie, zobrazujúce dôležité informácie (napr. smer navigácie, rýchlosť vozidla a pod.) do zorného poľa vodiča. Patrí medzi asistenčné systémy podporujúce vodiča a možno ho zaradiť medzi prvky aktívnej bezpečnosti [1]. Informácie zobrazované na HUD displejoch sú zozbierané z riadiacich jednotiek a asistenčných systémov pomocou štandardných komunikačných zberníc do riadiacej jednotky HUD displeja. Riadiaca jednotka HUD displeja zozbierané informácie vyhodnotí a konvertuje do užívateľsky prijateľnej formy obrazu. Medzi informácie, ktoré zobrazuje, patria typické správy pre prístrojovú dosku (rýchlosť, otáčky, spotreba a pod.), navigačný systém GPS (Global Positioning System). Pokročilejšie verzie môžu zobrazovať napr. informácie o vzdialenosti okoloidúcich vozidiel a vytvárať rozšírenú realitu [6][28].

Rozšírená realita - AR (Augmented Reality), vytvára stupeň medzi skutočnou a virtuálnou realitou. Jedná sa o skutočnú realitu rozšírenú o významné informácie generované počítačom v reálnom čase. Pomocou spracovania obrazu a počítačového videnia sú detegované objekty v snímanom obraze a následne doplnené o ďalšie relevantné informácie v podobe textových poznámok, grafických symbolov, fotografií a pod. Od virtuálnej reality sa AR líši tým, že nevytvára simuláciu reality, ale spája reálne objekty s virtuálnymi dátami. [29]. Napriek tomu, že prvé HUD displeje sa v automobiloch objavili už koncom 20. storočia, stále patria medzi relatívne nové technológie. Prvým európskym výrobcom áut, ktorý ponúkal HUD displej, vyvinutý a vyrobený v spolupráci s firmou Siemens VDO, bola nemecká automobilka BMW. Inštalované boli vo vozidlách radu 5. Množstvo použitých HUD displejov v automobiloch v roku 2011 dosiahol počet 690 000 kusov a príjmy z ich predaja vzrástli o 140% medziročne na hodnotu 245 miliónov USD. V roku 2012 dosiahol počet použitých HUD displejov 995 000 kusov [2][5].

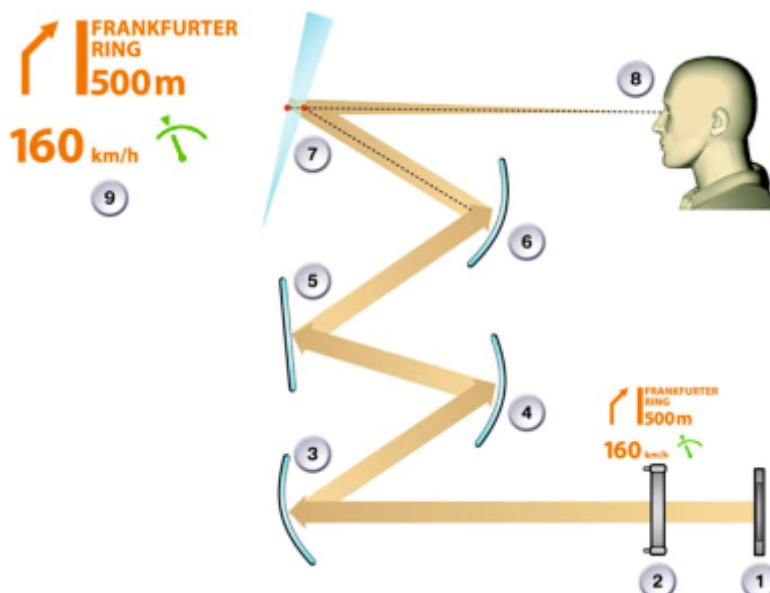
Požiadavky na HUD displeje

Ako už bolo spomenuté, HUD displeje slúžia na zobrazovanie dôležitých informácií do zorného poľa vodiča. Aby pri zobrazovaní informácií do zorného poľa vodiča nedochádzalo k zníženiu viditeľnosti z vozidla, mali by HUD displeje spĺňať niekoľko požiadaviek:

- Priehľadnosť – obraz HUD musí byť transparentný, aby nebol bránený výhľad z vozidla do vonkajšieho priestoru pred vozidlom.
- Jas a kontrast – zobrazované informácie sa musia dať rozlíšiť, ale nesmú pôsobiť rušivo voči pozadiu (výhľadu z vozidla), ktoré môže nadobúdať rôzny charakter (typickým kontrastom je jazda za slnečného dňa a v noci). HUD displej preto musí poskytovať široký rozsah jasů.
- Denná viditeľnosť – obraz musí byť dobre viditeľný počas jazdy cez deň.
- Ohnisko – premietaný obraz je potrebné vizuálne prispôbiť a minimalizovať prekrývajúce sa zábery v neskutočnom obraze.
- Rozlíšenie – vysoké rozlíšenie má vplyv na vysokú kvalitu premietaného obrazu, čím zvyšuje čitateľnosť zobrazených informácií.
- Farba – jednofarebné HUD sú vhodnejšie, pretože meniace sa pozadie robí vnímanie farieb obrazu ťažším, navyše viacfarebné symboly je ťažšie rozlíšiť kvôli nedostatku kontrastu, pre prevádzkovateľa pri použití HUD displeja. Pre rozlíšiteľnosť jednotlivých symbolov sa využívajú viacfarebné obrazy [3][4].

HUD displeje

HUD displeje možno rozdeliť podľa niekoľkých kritérií. Jednou možnosťou je rozdelenie HUD podľa zdroja obrazu. Zdrojom obrazu môže byť: CRT (Cathode Ray Tube), displeje s pevným zdrojom svetla (LED diódy a lasery), VFD (Vacuum Fluorescent Display) a TOLED (Transparent Organic Light-Emitting Device) displeje. VFD displeje a displeje s pevným zdrojom svetla pracujú na projekčnom princípe. Obraz je v tomto prípade tvorený mimo čelného skla (Obr. 1) a pomocou optického systému je prenesený zo zdroja obrazu buď priamo na upravené čelné sklo (aby nedochádzalo k zdvojeniu obrazu) alebo v lacnejších variantoch na vysúvaciu, resp. sklápaciu transparentnú dosku [6][7][8].



Obr. 1 Umiestnenie zrkadiel v HUD displeji vozidiel BMW [6]

kde:

1. zdroj svetla (LED)
2. displej riadený TFT
3. zakrivené zrkadlo
4. zakrivené zrkadlo
5. ploché zrkadlo
6. zakrivené zrkadlo
7. čelné sklo
8. vodič
9. premietaný obraz

CRT zobrazovacie katódové trubice sa v automobilovom priemysle neuplatnili hlavne kvôli vysokej cene, veľkým rozmerom a veľkej hmotnosti. V autách nahradil CRT obrazovku vákuový fluorescenčný displej (VFD). HUD displeje, ktoré používajú na tvorbu obrazu pevný zdroj svetla, využívajú napríklad svetlo emitujúce diódy - LED (Light-Emitting Diode) alebo laserové lúče. Oproti CRT majú menšiu hmotnosť optického systému a zaberajú menší priestor, nespotrebujú toľko energie ako pri CRT systémoch [4] [9][10]. HUD displeje často využívajú TFT LCD (Thin-Film-Transistor Liquid-Crystal Display), ktoré predstavujú jeden z variantov LCD displejov využívajúcich tenkovrstvové tranzistory (TFT). Technológia TFT LCD displejov je použitá napríklad v HUD displejoch, ktoré začala používať firma BMW od roku 2004 v modeloch rady E60, E61, E63 a E64. HUD displej spolupracuje s dažďovým senzorom a so senzorom svetla a automaticky prispôbuje jas obrazu okolitým podmienkam [6].

Vákuový fluorescenčný displej (VFD) je typ displeja, ktorý sa bežne používa na spotrebných elektronických zariadeniach, ako sú napríklad videorekordéry, autorádiá, mikrovlnné rúry a pod. Na rozdiel od LCD, VFD vyžaruje veľmi jasné svetlo s vysokým kontrastom. Ďalším rozdielom VFD od LCD je, že väčšina VFD môže naďalej fungovať aj v teplotách pod 0°C, čo je ideálne pre vonkajšie zariadenia v chladnom podnebí. VFD sa skladá z troch základných elektród: katódového vlákna (volfrámové drôty s nanosenou vrstvou z oxidov kovov alkalických zemín), anódy (s nanosenou fosforovou

vrstvou) a mriežky (v podobe tenkého kovového pletiva). Elektróny emitované z katódy sú urýchľované kladným potenciálom na elektrickej mriežke a anóde. Pri zrážke s fosforom na anóde elektróny dochádza k emisii svetla [20].



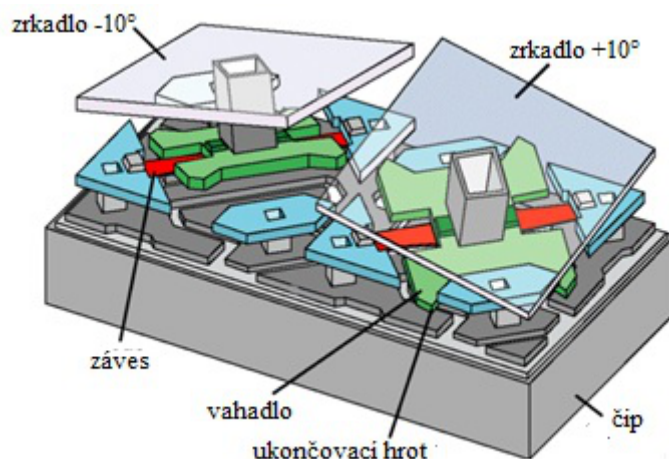
Obr. 2 HUD displej od firmy Garmin [22]

Príkladom HUD displeja, ktorý využíva VFD displej, je produkt Garmin HUD od firmy Garmin, ktorý umožňuje zobrazovanie dvojfarebného obrazu a slúži najmä ako navigačný systém. Informácie sa zobrazujú na fólii zabraňujúcej zdvojeniu obrazu, ktorá je nalepená na čelnom skle. Garmin HUD dokáže komunikovať priamo cez Bluetooth so smartfónom, v ktorom je nainštalovaná navigácia (NAVIGON alebo StreetPilot) [21][22]. Medzi najslubnejšie moderné technológie v HUD displejoch možno zaradiť pikoprojektory. HUD displeje, ktoré využívajú technológie pikoprojektorov, je možné rozdeliť do troch skupín: laserové skenovacie pikoprojektory, pikoprojektory používajúce DLP (Digital Light Processing) a pikoprojektory založené na technológii LCoS (Liquid Crystal on Silicon) [2][11].

Princíp laserového skenovania spočíva v postupnom rýchlom vychyľovaní laserového lúča tak, aby sa vytvoril požadovaný obraz. Laserové skenovacie pikoprojektory používajú ako zdroj svetla jeden alebo viacero laserových zdrojov svetla. Ak je požiadavkou farebný obraz, používajú sa tri laserové zdroje svetla: červenej, zelenej a modrej farby, ktorých zmiešaním je možné dostať obrazový bod (pixel) požadovanej farby. Vychyľovanie laserových lúčov je realizované pomocou MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) systému, ktorý sa skladá z pohyblivého zrkadla schopného vytvárať obraz v riadkoch a stĺpcoch. Pohyb MEMS zrkadla zabezpečuje riadiaci systém, ktorý je riadený video procesorom. Počet snímok vygenerovaného obrazu pri rozlíšení 848 x 480 je typicky 60 Hz. Výhodou laserového premietania je, že bez ostrenia dokáže vysielat' obraz na nerovné plochy [11][12][13][14][15].

DLP pioprojektor sa skladá z miliónov digitálne ovládaných mikrozrkadiel DMD (Digital Mirror Devices), ktoré sú umiestnené na MEMS. Mikrozrkadlá umožňujú naklonenie DMD buď smerom k zdroju svetla (ON) alebo od neho (OFF). Zdrojom svetla sú v tomto prípade zvyčajne tri LED diódy červenej, zelenej a modrej farby. Tieto projektory vykazujú vysoký kontrastný obraz s vysokým jasom, majú sýte farby a

rýchlu odozvu displeja [4][11][14][16][17].



Obr. 3 Umiestnenie dvoch naklonených DMD na čipe [30]

Pikoprojektory používajúce technológiu FLCoS (Ferroelectric Liquid Crystal on Silicon) patria medzi LCoS technológie (Obr. 10). Primárny rozdiel medzi kvapalnými kryštálmi s nematickou štruktúrou (NLC) a feroelektrickými kvapalnými kryštálmi (FLC) je, že NLC majú pomalé spínanie ($> \text{ms}$), vykazujú analógovú odozvu, zatiaľ čo FLC majú rýchle prepínanie ($\ll \text{ms}$), ale vykazujú binárne optické spínanie. Princíp fungovania LCoS mikrod displejov je veľmi podobný ako u konvenčného LCD displeja s dvoma rozdielmi. Na LCoS mikrod displej dopadá svetlo, obraz je tvorený z odrazeného svetla z LCoS. Plná farba je dosiahnutá kombináciou červenej, zelenej a modrej, ktoré nevznikajú súčasne, ale s časovým oneskorením [4][11][14][16][18][19].

Displeje TOLED využívajú svetelné diódy na báze organických svetloemitujúcich polovodičov OLED (Organic Light Emitting Diode), majú mnoho aplikácií, ktoré vytvárajú nové možnosti pre tvorbu obrazu na čelnom skle. OLED sa v súčasnosti okrem aplikácii v HUD displejoch využívajú napríklad v prístrojovej doske, vo vnútornom aj vonkajšom osvetlení alebo v digitálnom spätnom vnútornom zrkadle. Špeciálnou unikátnou vlastnosťou je realizácia transparentných signalizačných a svetelných panelov, ktoré majú potenciál pre realizáciu úplne nových aplikácií, nakoľko môžu byť integrované priamo v čelnom skle. Čelné sklo tak už nevyžaduje ďalšie špeciálne úpravy ako pri vyššie uvedených technológiách [16][23][24][25].

TOLED displej sa skladá z priehľadných svetloemitujúcich prvkov, v tomto prípade OLED s priehľadnými anódami a katódami a systémom riadenia na báze transparentných tenkovrstvových tranzistorov riadených elektrickým poľom (TTFT - Transparent TFT). TTFT tranzistory sa vytvárajú nanosením tenkej vrstvy polovodičovej aktívnej vrstvy, dielektrickej vrstvy a kovových kontaktov na nosný substrát. Spoločným substrátom je sklo. OLED sa skladá z organickej vrstvy s hrúbkou $\sim 100 \text{ nm}$. Nosným substrátom TOLED displeja je zvyčajne sklo s nanosenou priehľadnou vodivou ITO (Indium Tin Oxide) vrstvou, na ktorú je nanosená vrstva OLED. Na organickej vrstve OLED je anorganická transparentná katóda. Vo vypnutom stave je TOLED HUD displej transparentný, pričom požiadavkou na priehľadnosť v zapnutom stave je minimálne 60% v rozsahu 400 nm až 800 nm vlnovej dĺžky svetla. Pomer medzi transparentnosťou a obrazom sa môže pohybovať v rozmedzí od 50% na 50% až 20% na 80%, podľa konštrukcie OLED [4][16][24][25].

Nasledujúca tabuľka (Tab. 1) uvádza niektoré vlastnosti vyššie uvedených technológií pre vytváranie obrazu z hľadiska ich použiteľnosti v HUD displejoch. Použitelnosť predstavuje súhrn dôležitých aspektov ako sú cena, konštrukčné možnosti, náročnosť výroby, ale aj použiteľnosť v rôznych poveternostných podmienkach, atď. a vyjadruje tak možnosti použitia vybranej technológie v HUD displejoch.

Tab. 1 Porovnanie technológií vytvárania obrazu v HUD displejoch [3][26]

	laserové skenovacie pikoprojektory	LCD	VFD	DLP	LCoS	OLED
jas (cd/m²)	> 10 000	1 000	~350	> 10 000	~10 000	500
kontrast	10 000:1	~ 1000:1	400:1	> 3 000:1	800:1	2 000:1
veľkosť (mm)	variabilná	< 60 x 30	variabilná	9 x 6,5 až 22 x 19	15,24 x 20,32	variabilná
použitelnosť	vysoká	obmedzená	obmedzená	slabá	slabá	slabá

Displeje založené na LCD, DMD a LCoS majú spoločný nedostatok z hľadiska prítomnosti „dúhového efektu“ spôsobeného nízkym kontrastom v premietanom obraze. Dúhový efekt zapríčiňuje konštrukcia displeja, ktorá vyžaduje, aby bol celý displej osvetlený pre vytvorenie obrazu, a to aj v oblastiach obrazu HUD, ktoré majú byť priehľadné. HUD displeje na báze OLED tento problém nemajú, ich nevýhodou z hľadiska aplikácie v automobiloch je ale nedostatočný jas pri dennom svetle. Najlepšie vlastnosti pre HUD displeje v automobiloch ponúkajú pikoprojektory, ktoré majú vyšší jas, väčší kontrast a farebnú škálu [3]. HUD displeje novších generácií budú používať na tvorbu obrazu laserový zdroj svetla. Týmto systémom budú vybavené hlavne vyššie triedy automobilov. HUD displeje, ktoré používajú LED diódy, sa budú zavádzať do stredných a nižších tried automobilov, hlavne pre ich nižšiu cenu [2].

Záver

Najdôležitejšia časťou HUD displejov sú systémy, ktoré vytvárajú obraz. Na uvedené systémy sú kladené vysoké nároky z hľadiska ostrosti obrazu, jas a kontrastu. Najpoužívanějšíe technológie zobrazovania sú v súčasnosti TFT LCD displeje a to hlavne vďaka nižšej cene v porovnaní s ostatnými technológiami. Medzi technológie, ktoré budú výraznejšie aplikované v HUD displejoch v najbližších rokoch, patria pikoprojektory a TOLED displeje, pričom práve pikoprojektory možno pokladať medzi najslubnejšie moderné technológie v HUD displejoch, ktoré poskytujú vyšší jas, väčší kontrast, farebnú škálu a nepotrebnú špeciálne upravené čelné sklo.

Použitá literatúra

1. SAJDL, Jan: HUD (Head-Up Display), 2013. [online]
<http://www.autolexicon.net>
2. TASAKO, Midori - KIMURA, Junichi: Next Generation Head Up Display Coming to Automotives [online]. Tokyo: Techno Systems Research Co., Ltd, 2012. [cit. 2014-0-15]. Dostupné na internete:
<http://www.t-s-r.co.jp/e/press/120621.pdf>
3. LINCOLN, Jacques: How a laser HUD can make driving safer [online]. Redmond:

- Microvision, Inc., 2007. [cit. 2014-03-15]. Dostupné na internete:
http://www.carmean.net/wp-content/uploads/2010/12/safer_driving.pdf
4. OLWAL, A: Next-Generation Head-up Displays [online]. Santa Barbara: University of California, Department of Computer Science [cit. 2014-01-25]. Dostupné na internete:
http://web.media.mit.edu/~olwal/projects/research/huds/olwal_next_gen_huds_2005.pdf
 5. SAMPREDO DIAZ, Luis: OPTICAL ABERRATIONS IN HEAD-UP DISPLAYS [online]. Fulltextová databáza: SCRIBD, Madrid, 2005. [cit. 2013-11-01]. Dostupné na internete:
<http://www.scribd.com/doc/51373130/Optical-Aberrations-in-Head-up-Displays-Diaz>
 6. BMW, BMW University: Table of Contents Head-Up Display (HUD) [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupné na internete:
http://prodcds.bmwuniversity.com/library/bmw/Technician/Archived%20Courses/ST402%20Body%20Electronics%20III_archive%2011-05/13%20Head-Up%20Display.pdf
 7. PEUGEOT: HEAD-UP DISPLAY [online]. [cit. 2014-02-15]. Dostupné na internete:
<http://www.peugeot.sk/objavte/5008/mpv/#showroom-section2>
 8. CITROEN: CISTROEN DS5, Inovácie, HEAD-UP DISPLAY [online]. [cit. 2014-02-15]. Dostupné na internete:
<http://www.citroen.co.uk/new-cars/ds-range/citroen-ds5/#/new-cars/ds-range/citroen-ds5/innovation/>
 9. SWIFT, D.W.- FREEMAN M H: Application of head-up displays to cars. Clwyd: Buttewort & Co (Publishers) Ltd, 1986. [cit. 2013-10-20] 4s
 10. HARRISON, Andrew: Head-Up Displays for automotive applications [online]. Michigan, 1994. [cit. 2013-10-20] Dostupné na internete:
<http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/64076/85824.pdf?sequence=1>
 11. LENZ, Martin - RUTHER,Matthias: Projector Technologies [online]. Austrian Computer Society (OCG), 2009. [cit. 2014-04-22]. Dostupné na internete:
http://rvlab.icg.tugraz.at/project_page/project_microsense/project_microsense_details.htm
 12. BETANCUR, J. Alejandro: Physical Variable Analysis Involved in Head-Up Display Systems Applied to Automobiles [online]. Colombia: In Tech 2011. [cit. 2013-10-24] Dostupné na internete:
http://cdn.intechopen.com/pdfs/24834/InTech-Physical_variable_analysis_involved_in_head_up_display_systems_applied_to_automobiles.pdf . ISBN:978-953-307-422-13
 13. Micro Vision, Technológia [online]. [cit. 2013-10-20] Dostupné na internete:
<http://www.microvision.com/technology/picop.html>
 14. PIYAWATTANAMETHA, Wibool, QIU Zhen: Optical MEMS [online], Microelectromechanical Systems and Devices, Dr Nazmul Islam, Rijeka, In Tech 2012 [cit. 2013-12-30] Dostupné na internete:
<http://www.intechopen.com/books/microelectromechanical-systems-and-devices/optical-mems> ISBN: 978-953-51-0306-6
 15. SONY: Sony Develops Pico Projector Module with High-Definition Resolution and Focus-free Image Projection [online]. 2014. [cit. 2014-04-20]. Dostupné na internete:
<http://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/201402/14-024E/>
 16. UNDERWOOD, Ian: A review of microdisplay Technologies [online]. Londýn: ExCel, 2000. [cit. 2014-01-30]. Dostupné na internete:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.32.6352&rep=rep1&type=pdf>
 17. KOLÁČEK, Michal - PAPEŽ, Petr: Projektoary: technologie promítání obrazu [online].

2008. [cit. 2014-04-20]. Dostupné na internete:
<http://www.tvfreak.cz/projektory-technologie-promitani-obrazu/2737>
18. FUJITSU MICROELECTRONICS AMERICA, INC.: Fundamentals of Liquid Crystal Displays, California, 2006 [online][cit. 2013-12-5] Dostupné na internete:
http://www.fujitsu.com/downloads/MICRO/fma/pdf/LCD_Backgrounder.pdf
 19. LAZAREV, Grigory et al: LCOS Spatial Light Modulators: Trends and Applications [online]. Optical Imaging and Metrology: Advanced Technologies, Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012. [cit. 2014-02-04]. Dostupné na internete:
http://www.wiley-vch.de/books/sample/3527410643_c01.pdf
 20. MAXIM INTEGRATED™: Katalogový list: APP 4363, Vacuum Fluorescent Display (VFD) Reference Design for Automotive Application [online]. 2009. [cit. 2014-03-10]. Dostupné na internete:
<http://pdfserv.maximintegrated.com/en/an/AN4363.pdf>
 21. Internetový obchod: WALMART, Garmin HUD Heads-Up GPS Display Projector for Bluetooth Enabled Smartphones [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné na internete:
<http://www.walmart.com/ip/Garmin-HUD-Heads-Up-GPS-Display-Projector-for-Bluetooth-Enabled-Smartphones/28240550>
 22. GeekAlerts: Garmin Head-Up Display [online]. 2013. [cit. 2014-03-15]. Dostupné na internete:
<http://www.geekalerts.com/garmin-head-up-display/>
 23. OSRAM, Introduction to OLED technology [online]. [cit. 2014-01-30] Dostupné na internete:
<http://www.osram.com/media/resource/hires/335716/introduction-to-oled->
 24. Fraunhofer-Institut Photonische Mikrosystem: Transparent Signage and Lighting [online]. [cit. 2014-01-30]. Dostupné na internete:
<http://www.comedd.fraunhofer.de/content/dam/comedd/common/products/COMEDD/translight-e.pdf>
 25. SHAH, Lokesh D, GULHANE S. M: Transparent Electronics [online]. Yavatmal: Jawaharlal Darda Institute of Engineering & Technology, 2013. [cit. 2014-01-25]. Dostupné na internete:
http://www.irdindia.in/journal_ijaeef/pdf/vol2_iss4/17.pdf
 26. FUTABA: Principal of VFD Operation [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné na internete:
http://www.futaba.co.jp/en/display/vfdinfo/vinfo_genri.html
 27. Internetový magazín: BMW revue, Head-Up displej [online]. 2011. [cit. 2014-04-27]. Dostupné na internete:
<http://bmwrevue.cz/clanek.php?id=225>
 28. SPIEKERMANN, Pim: What to expect in the field of visual in-car augmented reality in the next 10 years [online]. Delft, Master Integrated Product Design 2011. [cit. 2013-12-10]. Dostupné na internete:
http://futureideas.eu/wp-content/uploads/2013/01/Pim-Spiekermann_What-to-expect-in-the-field-of-visual-in-car-T.pdf
 29. Hönigsberg & Düvel Datentechnik Czech s.r.o, Rozšířená realita (Augmented Reality) [online]. 2014. [cit. 2014-04-28]. Dostupné na internete:
<https://m.hud.cz/reseni/inovace/rozsirena-realita/>
 30. University of British Columbia, Nanotechnology & Microsystems Option, 2007. [online]. [cit. 2014-02-15]. Dostupné na internete:
<http://www.mina.ubc.ca/ugrad-nanomicro-option/moreinfo.htm>

Spoluautorom článku je Igor Vehec
