

მონაცემების კოდირება ციფრულ ვიდეონტერფეისში

გიორგი ბენაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ციფრული ვიდეონტერფეისების განვითარების ტენდენციები. დადასტურებულია, რომ უპირატესობა მონაცემების გადაცემის მიმდევრობით პრინციპს ენიჭება, ხოლო თანამედროვე ვიდეონტერფეისებისთვის აუცილებელი მაღალი გამტარუნარიანობის მისაღწევად მონაცემთა დიფერენციალური გადაცემის პრინციპი და მონაცემების სპეციალური კოდირების მეთოდები უნდა იქნას გამოყენებული.

გასაღები სიტყვები: ციფრული ვიდეონტერფეისები. მონაცემთა კოდირების მეთოდები.

1. შესავალი

ვიდეონტერფეისი ერთმანეთთან აკავშირებს ვიდეოადაპტერს და მონიტორს. წლების განმავლობაში შეიქმნა პერსონალური კომპიუტერის და მონიტორის რამდენიმე ინტერფეისი. თანამედროვე და ფართოდ გავრცელებული Video Graphics Array (VGA) სტანდარტი ანალოგურია [1].

თუმცა პერსონალური კომპიუტერის მონიტორების ბაზარი გასული წლების განმავლობაში მნიშვნელოვნად შეიცვალა, ჩაენაცვლა რა დიდ და მოუხერხებელ Cathode Ray Tube (CRT) მონიტორებს Liquid Crystal Display (LCD) მონიტორები. LCD მონიტორები, CRT მონიტორებისგან განსხვავებით, ციფრული მოწყობილობებია, რის გამოც აუცილებელი არ არის ციფრული სიგნალების ანალოგურ სიგნალებად გარდაქმნა და შემდეგ კვლავ ციფრულ ფორმაში დაბრუნება. სწორედ ასე ხდება CRT მონიტორების შემთხვევაში, რაც სრულიად უსარგებლოა და ამასთანავე უარყოფით გავლენას ახდენს გამოსახულების ხარისხზე.

ციფრული მონიტორების და მათ შორის LCD მონიტორების პოპულარობის ზრდამ შექმნა ახალი ციფრული ინტერფეისის აუცილებლობა. დაფუძნდა Digital Display Working Group (DDWG), რომელსაც უნდა აღმოეფხვრა შემოთავაზებული ციფრული ინტერფეისების ნაკლოვანებები და შეეშუშებინა უნივერსალური ციფრული ინტერფეისი, რაც თავის მხრივ ხელს შეუწყობდა ბაზარზე ანალოგური მოწყობილობების ციფრული მოწყობილობებით ჩანაცვლებას. სწორედ DDWG-მ გამოუშვა სპეციფიკაცია Digital Visual Interface (DVI) 1.0 [2], ხოლო კომპანია Silicon Image-მა შექმნა Transition Minimized Differential Signaling (TMDS) ტექნოლოგია. ეს უკანასკნელი გახლავთ DVI ინტერფეისის საფუძვლად დადებული პროტოკოლი. სწორედ TMDS პროტოკოლის მეშვეობით ხერხდება ციფრული მონაცემების იაფად და სწრაფად გადაცემა ერთარხიანი კონფიგურაციის პირობებში. გარდა ამისა, გამტარუნარიანობის გაზრდის მიზნით შესაძლებელია ორარხიანი კონფიგურაციის გამოყენებაც [3].

2. ძირითადი ნაწილი

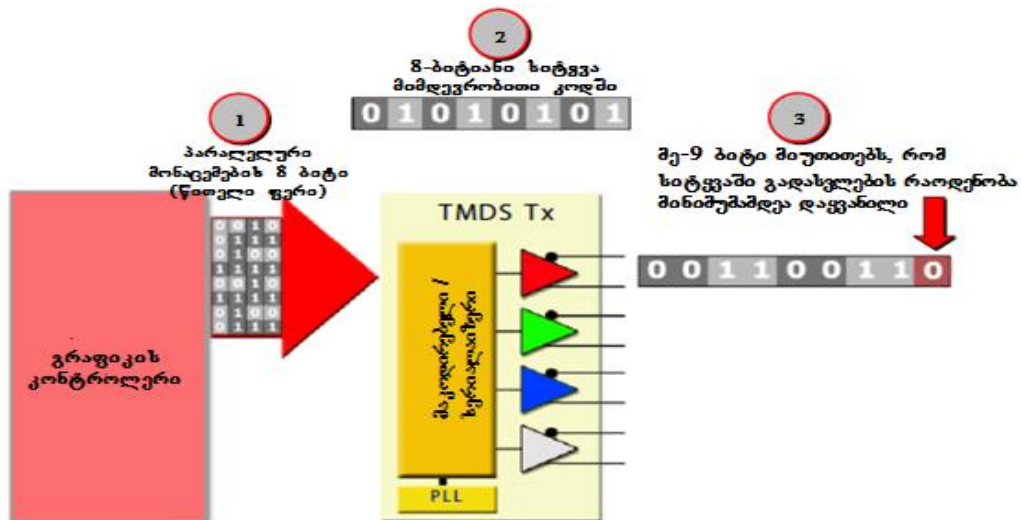
ციფრული ინტერფეისი DVI უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის საიმედოობას ყოველგვარი გარდაქმნების გარეშე. ის გეთავაზობს საუკეთესო ხარისხის გამოსახულებას და ამცირებს ანალოგური სიგნალის მხარდაჭერისთვის აუცილებელი კომპონენტების ხარჯებს. გარდა ამისა, DVI მხარს უჭერს უაღრესად დიდ გარჩევადობებს, როგორც არის 3840X2400 (9,2 მეგაპიქსელი). TMDS პროტოკოლის მიხედვით ფერის მონაცემები (10-ბიტიანი სიტყვად კოდირებული 8 ბიტი) 165 მპკ სიხშირით გადაიცემა, თითოეული სალტის გამტარუნარიანობა დაახლოებით არის 1,65 გეგაბიტი/წმ, ხოლო TMDS არხის ჯამური გამტარუნარიანობა – 4,95 გეგაბიტი/წმ. საბოლოო ჯამში, DVI ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული ინტერფეისია ვიდეოადაპტერისა და LCD მონიტორის დასაკავშირებლად.

LCD მონიტორზე თითოეული პიქსელის ანთებას სამი ძირითადი ფერი (წითელი, მწვანე და ლურჯი) სჭირდება. თითოეული ფერი კოდირებულია 8 ბიტის მეშვეობით, რაც 256 განსხვავებულ გრადაციას გვაძლევს. თუ თითოეული ფერის 256 გრადაციას ერთმანეთზე გადავამრავლებთ, მივიღებთ 16 მილიონ ფერს, რომელიც ეკრანზე შეიძლება გამოისახოს. ინტერფეისით მონაცემთა გადაცემა როგორც პარალელური, ასევე მიმდევრობითი ფორმითაა შესაძლებელი. ვიდეოადაპტერი გრაფიკული მონაცემების 24 ბიტს (8 ბიტს თითოეული ძირითადი ფერისთვის) პარალელური ფორმით აწვდის TMDS გადამცემს. TMDS გადამცემი შემავალი მონაცემების ნაკადს შიფრავს და მიმდევრობითი ფორმით გადასცემს TMDS მიმღებს. მონაცემთა მიმდევრობითი ფორმით გადაცემა რამდენიმე მიზეზითაა განპირობებული [4]:

- პარალელურ ინტერფეისებს ახასიათებთ გადაცემული სიგნალების ფაზური ძვრა. ამიტომ პარალელური ინტერფეისის სიგრძე და საშუალო სიხშირე ყოველთვის შეზღუდულია;
- მაღალ სიხშირეებზე მუშაობის დროს პარალელურ ინტერფეისებში მკვეთრად იზრდება შეფერხებების რაოდენობა;
- მაღალ სიხშირეებზე მუშაობის დროს პარალელურ ინტერფეისებს დიდი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ახასიათებთ.
- პარალელურ ინტერფეისებში გამოყენებული მაღალი ძაბვის სიგნალების მიღება თანამედროვე, მაღალ სიხშირეებზე მომუშავე მიკროსტრუქტურების გამოსასვლელიდან გართულებულია.

TMDS გადამცემი 8B/10B კოდირებას იყენებს, რომლის არსიც შემდეგში მდგომარეობს: მონაცემის საწყის 8 ბიტს 2 ბიტი ემატება. ამრიგად, ვიღებთ $2^{10}=1024$ ბიტურ კომბინაციას $2^8=256$ საწყის შესაძლებელ ბიტურ კომბინაციასთან შედარებით, რომელშიც შემცირებულია გადასვლების რაოდენობა და დაბალანსებულია მუდმივი დენის ნაკადი [5]. ეს ყოველივე ერთი შეხედვით კონტრპროდუქტიულია, ვინაიდან არხებით გადაცემული ბიტების რაოდენობა იზრდება, მაშინ როდესაც მონაცემების რაოდენობა იგივეა. სინამდვილეში 10-ბიტაანი სიტყვა ბევრად საიმედოდ გადაიცემა. საწყის 8-ბიტაან სიტყვაში 1-დან 0-ზე ან 0-დან 1-ზე გადასვლების დიდი რაოდენობა რადიოსიხშირულ გამოსხივებებს იწვევს, ხოლო გადასვლების რაოდენობის შემცირება გამოსხივებას ამცირებს. აქედან გამომდინარე, ნაკლებია მომხმარებლის ელექტრონულ მოწყობილობებს შორის ინტერფერენციის რისკი.

განვიხილოთ გადასვლების რაოდენობის მინიმიზაციის კონკრეტული მაგალითი, როდესაც ვიდეოადაპტერი წითელი ფერის მონაცემების 8 ბიტს პარალელური კოდით გადასცემს. გადასვლების რაოდენობის მინიმიზაცია სამი ეტაპისგან შედგება (ნახ.1):



ნახ.1. გადასვლების რაოდენობის მინიმიზაციის ეტაპები

1. პარალელური მონაცემების 8 ბიტი მიეწოდება TMDS გადამცემს;
2. TMDS გადამცემი მონაცემებს მიმღევრობით კოდში გარდაქმნის;
3. გადასვლების რაოდენობა მინიმუმამდე დაყვანილი და სიტყვას ემატება მეცხრე ბიტი შიფრის აღსანიშნავად.

ჩვენ ნიმუშად ვიღებთ ყველაზე უარეს ვარიანტს (7 გადასვლას), როდესაც ყოველი შემდგომი ბიტი წინა ბიტისგან განსხვავებულია (ნახ.2).



ნახ.2. მეტისმეტად დიდი რაოდენობით გადასვლები

TMDS ალგორითმი გადასვლების რაოდენობას სამამდე ამცირებს და სიტყვას კოდირების აღსანიშნავად მე-9 ბიტს ამატებს (ნახ.3).



ნახ.3. გადასვლების მინიმუმამდე დაყვანილი რაოდენობა

რაც შეეხება მუდმივი დენის დაბალანსებას, კაბელში 0-ების ან 1-ების წყების მაღალი სიჩქარით გადაცემა იწვევს კაბელის დამუხტვას. მე-4 სურათზე ნაჩვენებია 1-ების გრძელი წყება. სიმარტივის მიზნით კოდირების მე-9 და მე-10 ბიტები გამოტოვებულია.



ნახ.4. მონაცემთა სიტყვებში 1-ების წყების ნიმუში

კაბელის დამუხტვა მონაცემის შეცვლას (0-დან 1-ზე ან პირიქით) ხელს უშლის და შესაბამისად იწვევს მონაცემების დამახინჯებას. აღნიშნული პრობლემის აღმოფხვრის მიზნით გამოიყენება მუდმივი დენის დაბალანსების მეთოდი, რომელიც მონაცემთა სიტყვების ზოგიერთ ბიტს ინვერსიას უკეთებს და შემდეგ ამ ბიტს ინვერტირებულად აღნიშნავს. მაგალითად ავიღოთ 8-ბიტიანი სიტყვა გადასვლების ნულოვანი რაოდენობით (ნახ.5)



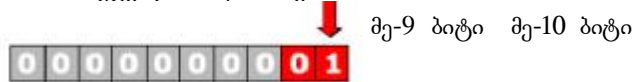
ნახ.5. საწყისი სიტყვა

მე-9 ბიტი აღნიშნავს, რომ ვინაიდან ბიტებს შორის გადასვლები არ გვხვდება, გადასვლების რაოდენობის მინიმუმამდე დაყვანა აუცილებელი არ არის (ნახ.6)



ნახ.6. გადასვლების რაოდენობის მინიმუმამდე დაყვანა აუცილებელი არ არის

სიტყვის მე-10 ბიტი პოლარობის შეცვლას აღნიშნავს (ნახ.7)



ნახ.7. მუდმივი დენის დაბალანსების მაკოდირებელი ბიტი

მე-8 ნახაზზე მოყვანილ მონაცემთა სიტყვებში მუდმივი დენი დაბალანსებულია, ხოლო სიმარტივის მიზნით მე-9 და მე-10 ბიტები გამოტოვებულია



ნახ.8. მონაცემთა სიტყვები დაბალანსებული მუდმივი დენით

TMDS მიმღები, ცხადია, განსაზღვრავს სიტყვებს შორის არსებულ საზღვრებს მონაცემთა მიმღევრობით ნაკადში. მონაცემთა გადაცემის ყველა არზე სიტყვების საზღვრების შემოღების შემდეგ TMDS მიმღები მონაცემთა მიმღევრობის ნაკადისადმი სინქრონულად მუშაობს. პიქსელის მონაცემების აღმნიშვნელ TMDS სიტყვებში 5 ან ნაკლები გადასვლაა, ხოლო საკონტროლო მონაცემების აღმნიშვნელ TMDS სიტყვებში – 7 ან მეტი გადასვლა. სწორედ გადასვლების რაოდენობის მიხედვით ახერხებს შიფრატორი სიტყვების საზღვრების დადგენას.

გადასვლების რაოდენობის მინიმუმამდე დაყვანა და მუდმივი დენის დაბალანსება მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის გაზრდის საშუალება იძლევა, თუმცა აუცილებელია კავშირის არხის რადიოსიხშირული გამოსხივებებისა და სხვა ელექტრული ხმაურისგან უკეთესი დაცვა. ამ მიზნით გამოიყენება მონაცემთა გადაცემის დიფერენციალური (დაბალანსებული) პრინციპი. ჩვეულებრივ შემთხვევაში ციფრული სიგნალი ანუ 0-ების და 1-ების წყება ერთი გამტარის მეშვეობით გადაიცემა, ხოლო მონაცემთა გადაცემის დიფერენციალური პრინციპი ნიშნავს ერთი სიგნალის ორი გამტარით გადაცემას. ერთი გამტარით ორიგინალური სიგნალი გადაიცემა, ხოლო მეორე გამტარით – ძაბვის ინვერსიული მნიშვნელობა. ამგვარად, ორ გამტარს შორის ყოველთვის ადგილი აქვს პოტენციალთა სხვაობას და სიგნალის გადაცემა სწორედ პოტენციალების სხვაობით ხდება. თუ ორი გამტარი ახლოსაა ერთმანეთთან და გრეხილ წყვილს წარმოადგენს, სინფაზური ანუ ორივე გამტარზე ერთნაირად მოქმედი შეფერხება ორივე გამტარში ერთი და იგივე პოტენციალს აღძრავს. თუ გავითვალისწინებთ, რომ სიგნალი პოტენციალთა სხვაობის მეშვეობით გადაიცემა, პოტენციალი ორივე გამტარზე თანაბრად იცვლება და შესაბამისად, პოტენციალთა ინფორმაციული განსხვავება უცვლელია. ძაბვის დონის ცვლილებით წარმოებს, ამიტომ ძაბვის ცვლილების პროცესი სალტზე საკმაოდ დაბალანსებულია. მიიღება იმპულსების რეგულარული და მდგრადი ნაკადი. სქემის დატვირთვა ნაკლებად ცვალებადია, რაც ზრდის მის საიმედოობას.

ლიტერატურა:

1. Scott Mueller. Upgrading and Repairing PCs 20th Edition 2012.
2. Digital Display Working Group (DDWG) Digital Visual Interface DVI. Revision 1.0 1999.
3. Silicon Image. Digital Visual Interface & TMDS Extensions. White Paper. 2004.
4. ა. ბენაშვილი. პერსონალური კომპიუტერის არქიტექტურა. თბ. „საქართველოს უნივერსიტეტი“. მე-2 გამოცემა. I ნაწილი. 2011 – 313 გვ.
5. R. Burduk, D. Anderson, T. Shanley. PCI Express System Architecture. Addison-Wesley Developer's Press, 2003.

DATA ENCODING IN DIGITAL VIDEO INTERFACES

Benashvili Giorgi
Georgian Technical University

Summary

The article considers the trends of development of digital video interfaces. It's proved that serial principle of data transmission is preferred. It's necessary to use the principle of differential data transmission and special techniques of data encoding to achieve the high throughput of modern video interfaces.

КОДИРОВАНИЕ ДАННЫХ В ЦИФРОВОМ ВИДЕОИНТЕРФЕЙСЕ

Бенашвили Г.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассмотрены тенденции развития цифровых видеointерфейсов. Обосновано преимущество последовательной передачи данных, а для достижения необходимой для современных видеointерфейсов высокой пропускной способности должны быть использованы принцип дифференциальной передачи данных и специальные методы кодирования.