

KIZILÖTESİ OPTİK MODEM

*Erdem ÖZÜTÜRK**

Özet: Bu makalenin konusu kızılötesi ışıkla bilgisayarların haberleştirilmesi ile ilgilidir. Bilgisayar tarafından gönderilecek olan veri uygun şekilde modüle edildikten sonra bir kızılötesi LED aracılığıyla optik işarete dönüştürülür. Sayısal veriyi içeren kızılötesi ışık bir alıcı devresinde bir fotodiyot aracılığıyla elektriksel işarete dönüştürüldükten sonra demodüle edilerek alıcı bilgisayara verilir. Bu çalışmada bu amaçla tasarlanmış modülatör ve demodülatör devreleri açıklanmaktadır. Bu tasarımda, iletilen ışığın darbe süresinin kısa seçilmesiyle LED'in verdiği ışığın şiddeti arttırılabildiği gibi fon gürültüsünün etkisi de azaltılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler Veri iletimi, kızılötesi ışık, LED, fotodiyot, alıcı-verici devresi, modülatör, demodülatör.

Infrared Optical Modem

Abstract: The subject of this study is data communication between computers with infrared light in the space. The data to be transmitted by the computer is modulated and then converted to optical signal using an infrared LED. This signal is converted to electrical signal using a photodiode and demodulated at the receiver end. In this paper a new MODulator / DEModulator design is given. In this design, by using the short light pulse duration, the LED radiant power can be increased and the background noise effect can be decreased.

Key Words Data communication, infrared light, LED, photodiode, receiver-transmitter, modulator, demodulator.

1. GİRİŞ

Son yıllarda gerek bilgisayar ile diğer çevre birimler arasında gerekse bilgisayarlar arasında ışık ile veri iletimi gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada ışığın hava içerisinde hareket ettiği ve ışık verici devresi ile ışık alıcı devresi arasında ışık iletimini engelleyecek bir engelin bulunmadığı açık optik ortamda kızılötesi ışınlarla bilgisayarlar arası seri veri iletişimi ile ilgili bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Hava içerisinde ışık halinde iletilen verinin, ortamdaki fon gürültüsünü oluşturan diğer ışık kaynaklarının ürettiği ışıktan ayırt edilebilmesi ve daha uzak mesafelere iletebilmesi için LED'in ışık şiddetini arttırmak gerekmektedir. LED'in verdiği ışığın şiddeti içinden akan akımla doğru orantılıdır ve darbeleri çalışmada, uygun darbe ve boşluk sürelerinde LED'den nominal doğru akımının çok üzerinde genliğe sahip akım darbeleri akıtılabilmektedir. Bilgisayarın gönderdiği verinin 1 bitlik süresinin tamamında akım akıtacak yerde, verinin değişim anlarında kısa süreli akım darbeleri akıtılarak akım darbesinin genliği arttırılabilmektedir. Bu şekilde yüksek genlikli akım darbeleri ile LED'i sürebilmek için verinin uygun şekilde modüle (ve demodüle) edilmesi gerekir. Bu amaçla tasarlanacak olan modülatör ve demodülatörün (yani MODEM'in) aynı zamanda iki bilgisayar arasında iletişim kanalının oluşturulması esnasında gönderilmesi gereken bilgiyi de üretmesi gerekir.

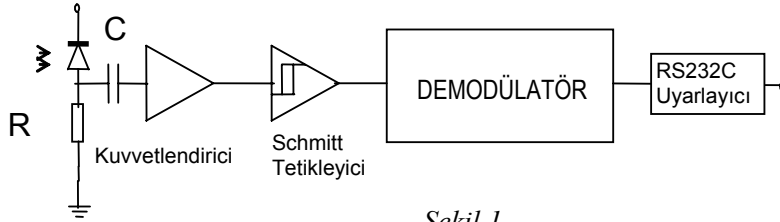
Bu haberleşme sisteminde haberleştirilecek her bir bilgisayara bağlı bir ışık vericisi ve bir ışık alıcısı bulunacaktır. Vericide ışık verici olarak kızılötesi LED, alıcılarda ise ışığı algılamak üzere bir fotodiyot kullanılacaktır.

2. ALICI DEVRESİ

Fotoalıcı devresinin blok şeması Şekil 1'de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, fotodedektörden elde edilen işaret kuvvetlendirildikten sonra bir Schmitt tetikleyiciye uygulanmaktadır. Darbeli çalışmada kısa süreli darbeler sözkonusu olduğu için kullanılan kuvvetlendiricilerin değişim hızı

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa

(slew rate) yüksek değerde olmalıdır. Schmitt tetikleyici, girişinde oluşabilecek elektriksel gürültü ile tetiklenmeyi önleyen bir histeresis aralığı sağladığı gibi, çıkışında bir lojik seviyeden diğer bir lojik seviyeye geçişi hızlandırır. Devrenin çıkışındaki RS232C uyarlayıcı devresi, demodülatör çıkışında elde edilen darbelerin genliklerini bilgisayarın seri veri iletişim birimi olan RS232C devresinin elektriksel seviyelerine uyarlar. Demodülatörün nasıl demodülasyon yaptığı verici devresi incelendikten sonra daha iyi anlaşılacaktır.

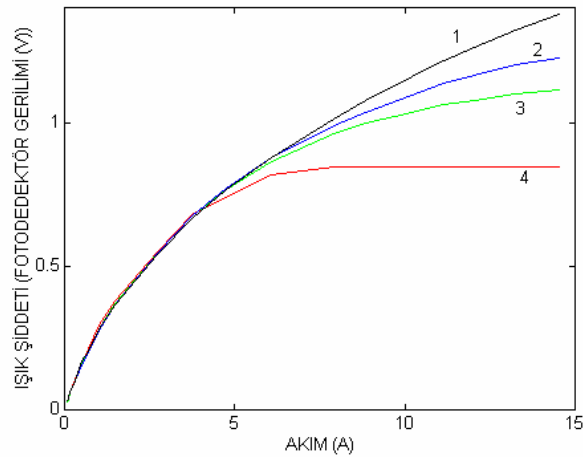


Şekil 1.

Fotoalıcı devresinin blok şeması.

Alıcı devresindeki fotodedektörün daha yüksek frekanslarda çalışabilmesi için fotodiyot, fotoiletken modda bağlanmıştır (Watson, 1998), (Wilson ve Hawkes, 2000). LED'in ışık şiddetinin uzaklığın karesi ile orantılı olarak azalması nedeniyle haberleştirilecek bilgisayarlar arasındaki uzaklık arttıkça, LED'in ışık şiddetini veya alıcının kazancını arttırmak gerekecektir. LED'in ışık şiddeti içinden akan akımla doğru orantılıdır. Dolayısıyla LED'den daha fazla ışık elde etmek için, LED'den akan akımın artırılması gerekmektedir. LED'den akan akımın değeri arttıkça LED ısınmakta ve belli bir akım değerinden sonra LED fazla ısınıp yanabilmektedir. Bu nedenle LED'den daha fazla akım akıtmak ancak darbeli çalışmada ve uygun (darbe süresi) / (boşluk süresi) oranlarında mümkün olmaktadır (Bhattacharya, 1997).

Darbeli çalışmada LED'in ısıl eylemsizliğinin etkili olduğu sürelerde, yani LED sıcaklığının darbeli akımın genliğinin oluşturduğu ısıl güce karşı gelen sıcaklığa yükselmeden akımın kesildiği darbe sürelerinde ve LED'in akım darbesi süresince edindiği ısının tamamını çevreye verebildiği boşluk sürelerinde, LED'den nominal doğru akımının çok üzerinde genliğe sahip akım darbeleri akıtılabilmektedir. Darbeli çalışmada ışık şiddeti ile akım arasındaki değişimi görmek için genel amaçlı olarak kullanılan bir LED'den değişik darbe süresine ve değişik genliklere sahip akım darbeleri akıtılarak bunlara karşılık elde edilen ışık şiddeti darbeleri alıcı devresi girişindeki fotoalıcı devresiyle incelenmiştir. İlgili ışık darbesi sonundaki ışık şiddetinin akım darbesinin genliğiyle olan değişimleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Ölçmeler esnasında akım darbelerinin boşluk süresi çok uzun seçilmiştir ve bunların tek darbe (tekrarlanmayan) şeklinde kabul edilebilmeleri mümkündür. Burada görüldüğü gibi akım darbelerinin genliği arttıkça ışık şiddeti artmaktadır ve darbe süresi arttıkça özellikle belli bir akım değerinden sonra ışık şiddetindeki artma hızı azalmaktadır.



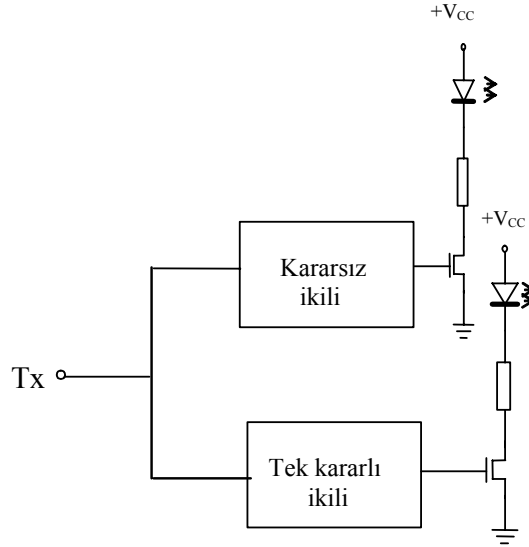
1. eğrinin darbe süresi 3.5 μ s, 2. eğrinin darbe süresi 6.5 μ s
3. eğrinin darbe süresi 9 μ s, 4. eğrinin darbe süresi 18 μ s

Şekil 2.
Değişik darbe süreleri için LED'in akım-ışık şiddeti değişimleri.

3. VERİCİ DEVRESİ

Yukarıda anlatıldığı şekilde LED'i uygun akım darbeleriyle sürebilmek için uygun modülasyon (ve demodülasyon) teknikleri oluşturulmalıdır. Bu amaçla, vericinin sürüldüğü bilgisayar darbeleri, bilginin değişim anlarında (birden sıfıra ve sıfırdan bire) ve uygun sürede darbe üreten bir tek kararlı ikili ile modüle edilebilir. Bu şekilde, bilgisayarın veri darbesinin tamamında akım akıtacak yerde, küçük sürelerde akım akıtılarak yüksek akım değerlerine çıkılabilir (Özütürk ve Karlık, 1998). Ancak bu şekildeki bir modülasyonun önemli bir sakıncası bulunmaktadır. Herhangi bir engelle alıcı ile verici arasında ışık iletişimi kesildiğinde tekrar veri iletimi sağlanmadan önce alıcının reset edilmesi gerekmektedir. Buna gerek kalmaması, yani engel ortadan kalktığında iletim kanalının otomatik olarak kurulabilmesi için farklı modülasyon (ve demodülasyon) yöntemleri kullanılmalıdır. Böyle bir modülasyon verinin lojik-1 seviyesi ile lojik-0 seviyeleri için farklı sürelerde ışık darbeleri kullanılmasıyla oluşturulabilir. Bu şekildeki bir modülasyon kullanan verici devresi Şekil 3'te görülmektedir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi bilgisayarın göndereceği seri veri, seri birimin veri gönderme ucundan (Tx) verici devresinin girişine uygulanmaktadır. Gönderilecek verinin lojik-1 seviyelerinde ve yükselen kenarlarında darbe üretecek şekilde kararsız ikili devresi etkinleşerek uygun frekansta bir darbeli işaret üretir. Bu işaretin (darbe süresi) / (boşluk süresi) oranı ve darbe süresi, yukarıda bahsedilen darbeli çalışmada LED'den daha fazla darbe akımı akıtmak için gerekli koşulları sağlamalıdır. Tx'teki işaretin lojik-0 seviyelerinde ise kararsız ikili susturulmakta yani bu sürede kararsız ikili devresinin çıkışı hep lojik-0 seviyesinde kalmaktadır. Şekilde altta görülen tek kararlı devre ise Tx'teki işaretin her inen kenarında tetiklenerek çıkışında kısa süreli bir darbe üretmektedir. Her iki ikili devrenin çıkışlarında birer LED sürücü devre bulunmaktadır. Bu devrelerde yer alan MOSFET'ler geçitlerine uygulanan darbeler ile LED'den akacak olan akımı anahtarlamaktadır. Bu anahtarlama devrelerinde yer alan dirençler ile MOSFET doymaya girdiğinde LED'den akacak darbe akımının genliği sınırlanmaktadır.

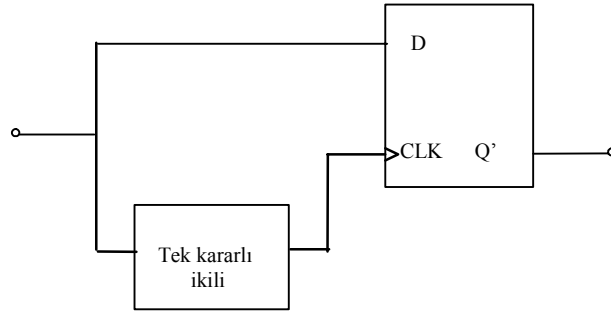


Şekil 3.
Verici devresi.

4. DEMODÜLASYON

Verici devresi tarafından modüle edilerek gönderilen ışık darbeleri alıcı devresi tarafından algılanıp elektriksel işarete dönüştürülmekte, kuvvetlendirilmekte ve Schmitt tetikleyiciden geçtikten sonra demodüle edilmektedir. Alıcı devresinde yer alan demodülatör devresi Şekil 4'te gösterilmiştir. Demodülasyon işlemi şu şekilde gerçekleştirilmektedir: Örneğin verici devresinden gönderilen ve verinin her yükselen kenarında ve lojik-1 seviyesi süresince kararsız ikili aracılığıyla üretilen ışık darbelerinin darbe süresi 4µs, verinin her inen kenarında vericideki tek kararlı ikili aracılığıyla üretilen ışık darbelerinin darbe süresi 8µs olsun. Demodülatör devresinde yer alan tek kararlı ikili ise girişine gelen işaretin her

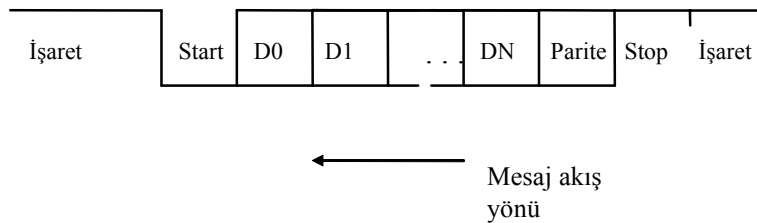
yükselen kenarında tetiklenerek, darbe süresi yukarıda söz konusu edilen farklı iki darbe süresinin ortasında bir değerde olan ($6\mu s$) darbe üretmektedir. Dolayısıyla demodülatörün girişine gelen darbenin yükselen kenarından itibaren $6\mu s$ sonra, D flip flop'u tek kararlı ikilinin çıkışında oluşan inen kenarla tetiklenecektir. Eğer bu inen kenarda flip flop'un D girişindeki lojik seviye daha önce sıfır seviyesine düşmüş ise, yani diğer bir deyişle demodülatöre gelen darbenin darbe süresi $4\mu s$ ise, Q' çıkışı lojik-1 olur. Eğer tek kararlı devreyi yükselen kenarıyla tetikleyen darbenin süresi $8\mu s$ ise tek kararlı devrenin çıkışında oluşan darbenin inen kenarında flip flop'un D girişindeki işaretin seviyesi henüz lojik-1 seviyesinde olacak ve Q' çıkışı lojik-0 olacaktır. Bu şekildeki demodülasyon işlemi ile verici devresinin Tx girişindeki veri işareti demodülatörün çıkışında tekrar elde edilmektedir.



Şekil 4.
Demodülatör devresi.

5. VERİ İLETİŞİMİ

İki bilgisayarın RS 232 C seri birimleri üzerinden sayısal veri iletişiminin nasıl olduğunu kısaca açıklayabilmek için Şekil 5'te örnek olarak asenkron seri veri iletişimde kullanılan veri formatı gösterilmiştir. Haberleştirilecek bilgisayarların seri birimlerinin ilgili uçlarının uygun şekilde bağlanmasıyla iletim hattı oluşturulmuş olur. Örneğin ortak bir toprak hattı ve her iki bilgisayarın veri gönderme ucunun diğerinin veri alma ucuna karşılıklı bağlanmasıyla (3 telli bağlantı) iki seri birim birbirine bağlanabilir. İki bilgisayar arasında veri iletişimi bulunmadığında hat işaret seviyesinde (lojik-1'de) tutulur. Veri göndermeye başlayacak olan bilgisayar veri gönderme ucunu (Tx) boşluk seviyesine çeker ve bir bitlik sürede hattı lojik-0 seviyesinde tutar (başlatma biti). Bundan sonra 5, 6, 7 ya da 8 bitlik olabilen veri bitleri gönderilir. Veri bitlerinden sonra istenirse eşlik biti (parite biti) de gönderilebilir. Bundan sonra hat 1, 1.5 ya da 2 bitlik süre ile işaret seviyesinde tutulur. Bunlar sonlandırma bitleridir. Yeni bir başlatma biti ile tekrar veri gönderilmeye başlanır (Nichols ve diğ., 1982).



Şekil 5.
Asenkron veri iletişimi.

Kızılötesi ışınlarla haberleştirilecek her bir bilgisayarın bir verici bir de alıcı devresi bulunacaktır. Her bir vericideki LED ile alıcıdaki fotodiyotlar ışık iletimini sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Şekil 1'deki alıcı devresine bakılırsa, veri gönderilmediğinde Tx gerilimi işaret seviyesindedir. Bu durumda verici tarafından, kararsız ikili aracılığıyla üretilen ve alıcıda demodülasyon sonucu lojik-1 seviyesi olarak algılanacak sürede ışık darbeleri gönderilir. Bu şekilde, veri gönderilmeye başlamadan önce iletim

kanalının işaret seviyesinde bulunması şartı sağlanmış olur. Veri gönderilmeye başlandığında Tx'teki gerilim boşluk seviyesine geçer (başlatma biti). Bu değişimin olduğu inen kenarda kararsız ikili susturulur ve vericideki tek kararlı ikili, lojik-0'a ilişkin darbe süresine sahip darbe üretir. Benzer şekilde başlatma bitinden sonra gelen her bir yükselen kenarda ve darbe sürelerinde, kararsız ikili aracılığıyla üretilen işaret gönderilirken, her bir inen kenarda da vericideki tek kararlı devre aracılığıyla üretilen işaret gönderilir. Gönderilen bu işaretler, alıcıda yukarıda bahsedildiği gibi demodüle edilerek sayısal veri tekrar elde edilir.

6. SONUÇ

Haberleşme uzaklığının artırılması ışık şiddetinin artırılmasıyla sağlanabileceği gibi fotoalıcı devrenin kazancının artırılmasıyla da sağlanabilir (Hickman, 1997), (Hickman, 1995), (Bradbury, 1991). Mevcut kızılötesi veri iletişimi sistemlerinde genellikle alıcının kazancı yüksek tutulmaktadır. Kazanç ile hız ters orantılı olduğundan kazanç arttıkça veri darbelerinin darbe süresinin de artırılması gerekmektedir. Burada yapılan uygulamada ise darbe süresinin çok kısa seçilmesi sayesinde LED'in ışık şiddeti artırılmaktadır ve bu sayede alıcı uçta veriyi içeren ışığın ortamdaki diğer ışık kaynakları tarafından üretilen ve fon gürültüsü olarak adlandırılan ışıklardan ayırt edilmesi de kolaylaşmaktadır.

Bu çalışmada vericideki LED'in ışık şiddetini artırarak bilgisayarlar arasında seri veri iletiminin kızılötesi ışıkla nasıl yapılabileceğine ilişkin bir örnek uygulama açıklanmıştır ve bu iş için uygun birer modülatör ve demodülatör devresi önerilmiştir.

7. KAYNAKLAR

1. Bhattacharya, P. (1997) Semiconductor Optoelectronic Devices, Prentice-Hall, USA.
2. Bradbury, D. (1991) Shedding light on optoelectronics, Electronics World+Wireless World, 911-915.
3. Hickman, I. (1995) Reflections on optoelectronics, Electronics World+Wireless World, 970-974.
4. Hickman, I. (1997) A look at light, Electronics World+Wireless World, 466-471.
5. Nichols, E. A., Nichols, J. C. and Musson, K. R. (1982) Data Communications for Microcomputers, McGraw-Hill Book Company, USA.
6. Özü Türk, E. ve Karlık, S.E. (1998) Kızılötesi Işıklarla Açık Optik Ortamda Bilgisayarlar Arası Veri İletimi, Bursa 5. Bilgisayar - Haberleşme Sempozyumu, Bursa, 104-106.
7. Watson, J. (1988) Optoelectronics, Van Nostrand Reinhold, U.K.
8. Wilson, J. and Hawkes, J. F. B. (2000) Optoelektronik, Değişim Yayınları, Adapazarı.