
KIZILÖTESİ OPTİK MODEM'İN TASARLANMASI

*Erdem ÖZÜTÜRK**

Özet: Bu çalışmada serbest uzayda veri iletişimde kullanılmak üzere bir kızılötesi optik MODEM devresi tasarlanmaktadır. Tasarlanan devre bir verici ve bir alıcı kısımdan oluşmaktadır. MODEM'in verici kısmından gönderilen veriler bir kızılötesi LED'in ışığını modüle etmektedir. Alıcı uçta ise fotodetektör olarak fotoiletken modunda çalışan bir fotodiyot kullanılmıştır. Vericideki LED, iletişim uzaklığını arttırmak için darbeleri yüksek akımla sürülmektedir. LED'i darbeleri yüksek akımla sürülebilmek için veri darbelerinin uygun şekilde modüle edilmesi gerekmektedir. Burada bunun için uygun modülasyon (ve demodülasyon) tekniği tasarlanmaktadır. Modülasyon işlemi esnasında veri darbelerinin yükselen ve düşen kenarlarında iki farklı kısa süreli darbe üretilmektedir ve bunlar alıcıda uygun şekilde demodüle edilmektedir. Burada tasarımı yapılan modemi oluşturan her bir devre yapısı tek tek ele alınıp incelenmekte ve modemın nasıl çalıştığı devrenin belirli noktalarında oluşan işaretler birbirine bağlı olarak çizilerek açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: MODEM, LED, fotodiyot, darbe süresi modülasyonu.

The Design of Infrared Optical MODEM

Abstract: In this study, an infrared optical MODEM circuit has been designed to use in data communication in the free space. Designed circuit consists of a transmitter and a receiver. The data which has been sent by the transmitter modulates an infrared LED's light. A photodiode which is connected as photoconductive mode has been used as photo detector at the receiver end. The LED has been driven with pulsed high current to increase communication distance. The data pulses must be modulated in suitable way for driving LED with high current pulses. Suitable modulation (and demodulation) technique has been designed for this in here. Two short pulses which consist of two different pulse duration have been generated at the rising and falling edges of the data pulses during the modulation process and these short pulses have been demodulated in suitable way at the receiver. The structure of each part of modem circuit which designed here has been examined and how the modem is working has been explained by drawing some signals relative to each other which are observed from certain nodes of circuit.

Keywords: MODEM, LED, photodiode, pulse duration modulation.

1. GİRİŞ

Burada tasarlanan MODEM'le serbest uzayda (açık optik ortamda) ışıkla veri iletişimi gerçekleştirilmektedir. Bu tür bir MODEM fazla uzak olmayan iki nokta arasında ya da birden fazla noktada bulunan çok sayıda bilgisayar arasında veri iletişimi gerçekleştirebilir. Haberleştirilecek her bir bilgisayarda bir verici ve bir alıcı devresi bulunmalıdır. Ya da iki yönlü

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektronik Mühendisliği Bölümü, Görükle, 16059 Bursa.
İletişim Yazarı: E. Özütürk (ozuturk@uludag.edu.tr)

veri iletimi (duplex) söz konusu ise her bir bilgisayar yanında hem bir verici hem de bir alıcı bulunacaktır. Alıcı ve vericiler aralarında ışık iletimi sağlanacak şekilde yerleştirilmelidirler.

İletişim uzaklığı arttıkça vericideki LED'in ışık şiddetini arttırmak ve alıcıdaki fotodetektörün duyarlılığını arttırmak gerekmektedir. Serbest uzayda optik olarak veri iletişimi için tasarlanmış mevcut MODEM'lerde genellikle alıcının duyarlılığı ve kazancı yüksek tutulmaktadır. Burada yapılan MODEM tasarımında ise özellikle vericideki LED'in ışık şiddetini artırma yoluna gidilmiştir. Bunun için LED darbeleri yüksek akım darbeleriyle sürülmektedir. Bu şekilde LED'in ışık şiddetini arttırmak için LED'i süren akım darbeleri çok kısa süreli olmalıdır ve akım darbesinin yüksek genliği sebebiyle ısınan LED'in soğuyabilmesi için yeterince uzun boşluk süresi gerekmektedir. Dolayısıyla, veri darbelerinin darbe sürelerinin çok uzun olması nedeniyle LED'i doğrudan veri darbeleriyle sürmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle uygun modülasyon (demodülasyon) teknikleri oluşturulmalıdır. Burada tasarlanan MODEM'de veri darbelerinin yükselen ve düşen kenarlarında farklı sürelerde kısa süreli darbeler oluşturulmaktadır. Alıcı uçta ise yükselen ve düşen kenarlar için farklı sürelerde üretilen bu darbeler uygun şekilde demodüle edilerek veri darbeleri tekrar elde edilmektedir.

LED'in ışık şiddeti içinden akan akımın değeri arttıkça artmaktadır. Dolayısıyla LED'den daha fazla ışık elde etmek için LED'den akan akımın artırılması gerekmektedir (Özütürk, 2002; Özütürk, 2003; Özütürk, 2006a; Özütürk, 2006b; Hickman, 1995; Bradbury, 1991).

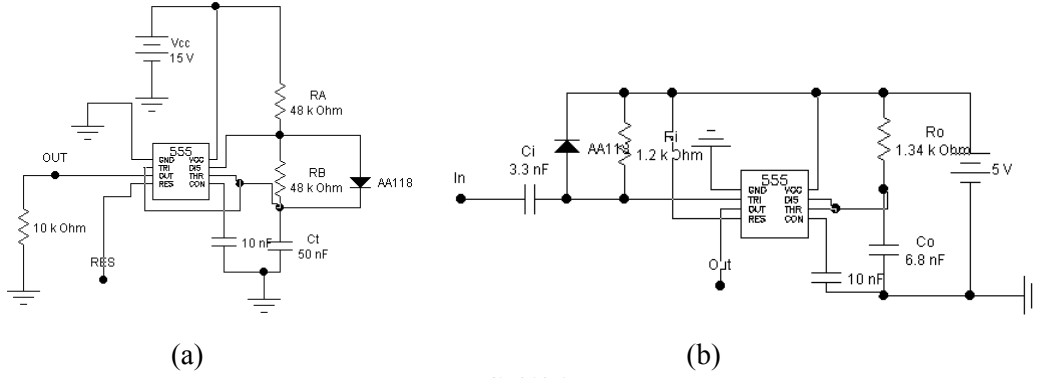
Yukarıda anlatıldığı şekilde LED'i uygun akım darbeleriyle sürerek darbeleri yüksek akımlarda çalıştırabilmek için uygun modülasyon (ve demodülasyon) teknikleri oluşturulmalıdır. Bu amaçla, vericinin sürüldüğü bilgisayar darbeleri, bilginin değişim anlarında (birden sıfıra ve sıfırdan bire) ve uygun 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. Ayrıca, yüksek veri hızlarında verilerin hepsinin aynı LED'i sürmesi yerine, art arda gelen bilgi değişimlerinin birden fazla LED'i sırayla sürmeleri sağlanabilir.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

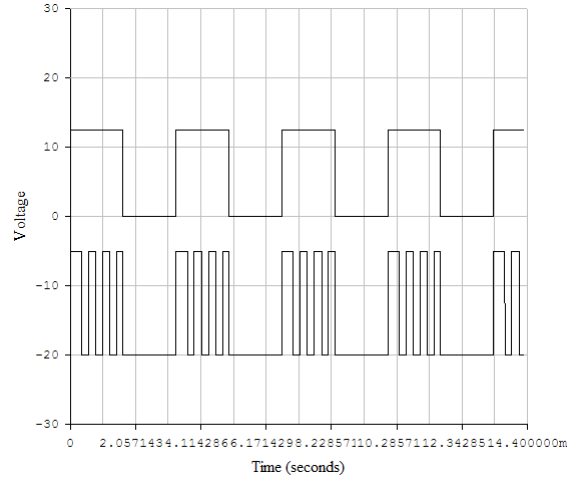
2.1. Kararsız İkili ve Tek Kararlı İkili

Şekil 1(a)'da görülen kararsız ikili devresi 555 tümdevresiyle oluşturulmuş, [(darbe süresi)/(boşluk süresi)] oranı değiştirilebilir bir darbe osilatörüdür. Tümdevrenin 4 numaralı ucu olan reset ucu kullanılarak osilatörün istenilen sürelerde susturulması sağlanabilir. 4 numaralı reset ucundaki gerilim seviyesi V_{CC} besleme gerilimi değerinde tutulduğu sürece osilatör titreşir ve 3 numaralı çıkış ucundan darbeleri üretir. Reset ucundaki gerilim sıfır seviyesine çekilir çekilmez osilatör susturulmuş olur ve reset ucunun sıfır seviyesine çekildiği andan itibaren 3 numaralı çıkış ucundaki gerilim sıfır seviyesine inerek bu konumunu reset ucundaki işaret sıfır seviyesinde kaldığı sürece korur. Bu durum Şekil 2'de görülmektedir. Reset ucundaki işaretin yükselen kenarından itibaren çıkış ucunda üreilmeye başlanan ilk darbenin darbe süresi, sonra gelen darbelerin süresinden daha uzun olmaktadır. Burada yapılacak olan tasarım için ilk darbenin darbe süresinin diğer darbelerin sürelerinden farklı olması bir sorun yaratmamaktadır. Burada önemli olan reset ucunun yükselen kenarında çıkışta üretilen ilk darbenin de yükselen kenarının oluşması ve reset işareti sıfır seviyesine indiğinde ise çıkıştaki gerilimin de sıfır seviyesine inmesidir.

Şekil 1(b)'de görülen tek kararlı ikili devresi ise, girişine gelen uygun biçimdeki her inen kenarda çıkışında, devredeki direnç ve kondansatörle belirlenen sürede tek bir darbe üretir.



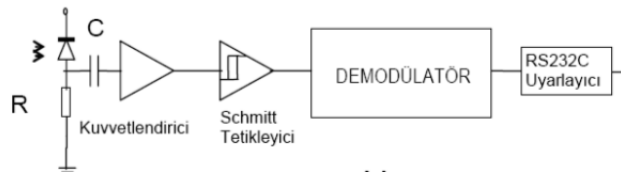
(a) Kararsız ikili devresi, (b) tek kararlı ikili devresi.



Şekil 2: Üstteki değişim 555 tümdevresinin reset ucuna uygulanan 300Hz'lik işareti, alttaki değişim ise kararsız ikilinin çıkışındaki işareti göstermektedir.

2.2. Alıcı Devresi

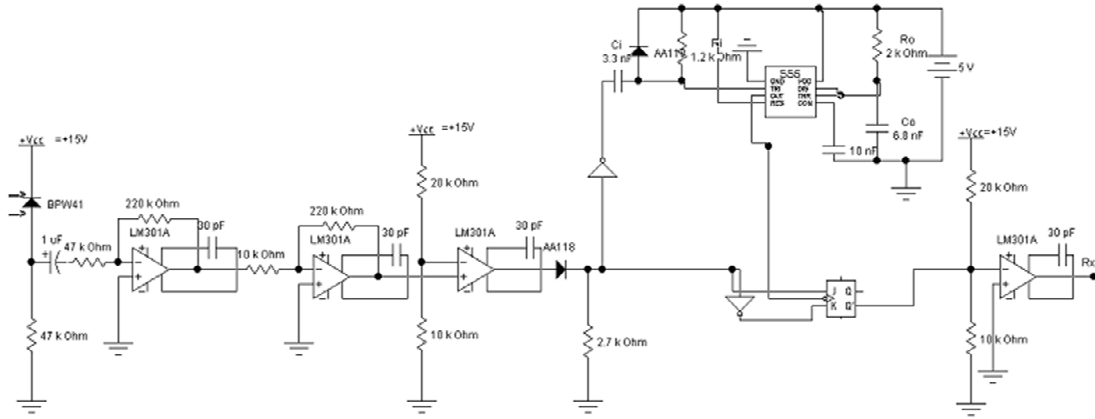
Fotoalıcı devresinin blok şeması Şekil 3'te görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, fotodetektörden elde edilen işaret kuvvetlendirildikten sonra bir Schmitt tetikleyiciye uygulanmaktadır. Darbeli çalışmada kısa süreli darbeler söz konusu olduğu için kullanılan kuvvetlendiricilerin değişim hızı (slew rate) yüksek değerde olmalıdır. Schmitt tetikleyici, girişinde oluşabilecek elektriksel gürültü ile tetiklenmeyi önleyen bir histerezis 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.



Şekil 3: Fotoalıcı devresinin blok şeması

Alıcı devresinin tam şeması Şekil 4'te görülmektedir. Devrenin daha yüksek frekanslarda çalışabilmesi için girişteki fotodiyot, fotoiletken modda bağlanmıştır.

Şekil 3'teki alıcı devresinin blok gösteriminde, fotodedektörden elde edilen işaret kuvvetlendirildikten sonra bir Schmitt tetikleleyiciye uygulanmaktadır. Ancak baskılı devre üzerinde gerçekleştirilmiş bulunan Şekil 4'teki alıcı devresinde Schmitt tetikleleyici yerine bir karşılaştırıcı kullanılmıştır. İki kuvvetlendirme katında ve bunu takip eden karşılaştırıcı devresinde değişim hızı (slew rate) yüksek değerde olan 301 işlemsel kuvvetlendiricisi kullanılmıştır. Karşılaştırma geriliminin değeri en küçük dedekte edilebilecek gerilim seviyesini belirlemektedir. Buna göre karşılaştırma gerilimi değerine bağlı olarak haberleşme uzaklığı belirlenebilir. Kuvvetlendirici girişinden alınan işaret eviren kuvvetlendiricilerle iki kez kuvvetlendirildiği için kuvvetlendirici katarının çıkışında yine aynı fazda bir işaret elde edilir.



Şekil 4:
Alıcı devresi

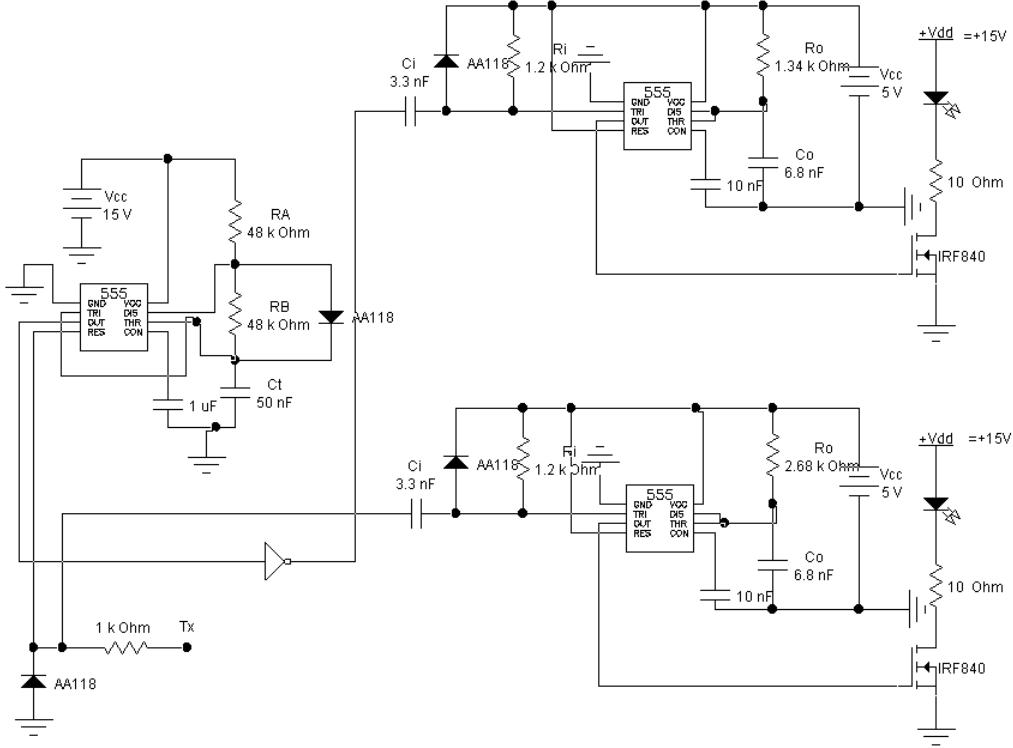
2.3. Verici Devresi

Şekil 5'te iki adet LED'i sürebilen verici devresinin blok şeması görülmektedir. RS232C seri biriminin Tx ucundan gelen darbeler girişteki direnç ve diyotla yaklaşık olarak sıfır seviyesinin üstü kalacak şekilde kırılır. LED sürücü devreleri süren tek kararlıların çıkışları lojik-1 seviyesinde olduklarında çıkışlarındaki MOSFET'i uygun sürede doymada tutar. LED'e seri bağlı R_s direnci, akım sınırlayıcı direnç olup MOSFET doyma durumunda iken LED'den akacak akımı belirler.

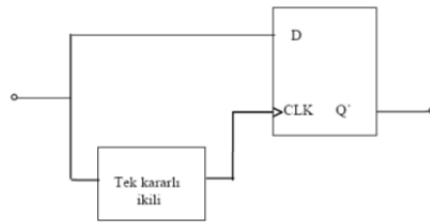
2.4. Demodülasyon

Verici devresi tarafından modüle edilerek gönderilen ışık darbeleri alıcı devresi tarafından algılanıp elektriksel işarete dönüştürülmekte, kuvvetlendirilmekte ve Schmitt tetikleleyiciden geçtikten sonra demodüle edilmektedir. Alıcı devresinde yer alan demodülatör devresi Şekil 6'da 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 $10\mu s$, verinin her inen kenarında vericideki tek kararlı ikili aracılığıyla üretilen ışık darbelerinin darbe süresi $20\mu s$ 'dir. 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 ($15\mu s$) darbe üretmektedir. Dolayısıyla demodülatörün girişine gelen darbenin yükselen kenarından itibaren $15\mu s$ sonra, D flip flopu tek kararlı ikilinin çıkışında

oluşan inen kenarla tetiklenecektir. Eğer bu inen kenarda flip flopun D girişindeki lojik seviye daha önce sıfır seviyesine düşmüş ise, yani diğer bir deyişle demodülatöre gelen darbenin darbe süresi $10\mu s$ ise, Q' çıkışı lojik-1 olur. Eğer tek kararlı devreyi yükselen kenarıyla tetikleyen darbenin süresi $20\mu s$ ise tek kararlı devrenin çıkışında oluşan darbenin inen kenarında flip flopun 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 5:
Verici devresi



Şekil 6:
Demodülatör devresi.

2.5. Benzetim Devresi

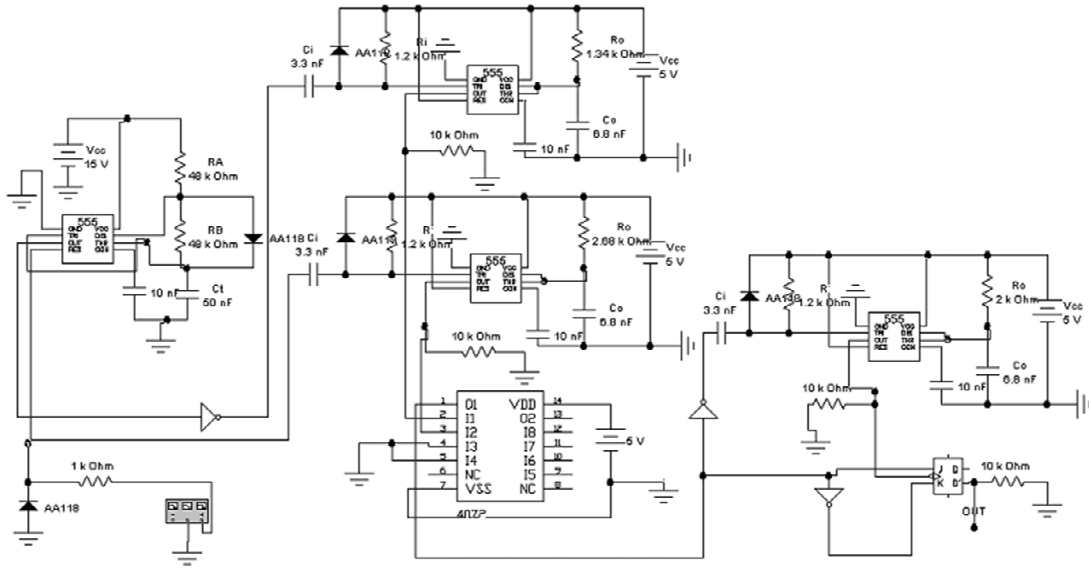
Modülatör ve demodülatör devrelerinin birlikte çalışması bilgisayarda elektronik devre analizi yapan Electronics Workbench programıyla incelenmiştir. Bunun için söz konusu program kullanılarak incelenmek istenen devrenin benzetimi yapılmıştır. Verici ve alıcı devreleri optik bağlaşmayla birbirine bağlı olduklarından ve elektronik devre analizi yapan

programlarla bir LED ile bir fotodiyodun optik bağlaşımını benzeten bir model henüz bulunmadığından alıcı ve verici devrelerini olduğu gibi bütünüyle söz konusu programla incelemek mümkün olmamaktadır. Bunun yerine bir VEYA kapısı kullanarak alıcı ve verici elektriksel olarak birbirine bağlanmıştır. Benzetim devresi Şekil 7'de görülmektedir. Verici çıkışlarındaki farklı LED'lerden gönderilen ışığın alıcıdaki fotodiyot ile olan galvanik bağlaşımı modülatör ve demodülatör devrelerinin bir VEYA kapısı üzerinden bağlanmasıyla benzetilmiş olmaktadır. Bu, LED sürücü devreden önceki tek kararlı çıkışlarını VEYA kapısının girişlerine VEYA kapısının çıkışını da alıcıdaki demodülatörün girişine bağlamak suretiyle gerçekleştirilmiştir. VEYA kapısı olarak dört girişli 4072 tümdevresi kullanılmıştır. Devrede VEYA kapısının iki girişi kullanıldığından diğer iki giriş toprağa bağlanmıştır.

Şekil 7'deki benzetim devresi bir modülatör, bir demodülatör, bir kırpıcı devre ve bir işaret üreticiden oluşmuştur. Modülatör kısmı bir evirici, bir kararsız ikili devresi ve iki tek kararlı ikili devresinden meydana gelmektedir. Demodülatör kısmı ise bir VEYA kapısı, bir evirici, bir tek kararlı ikili devresi ve bir DFF'den oluşmaktadır. Devrede üç adet tek atımlı devre bulunmaktadır. Bunlardan modülatöre ait iki tanesi Şekil 7'de üst üste yerleştirilmiş bulunmaktadır. Bu tek atımlılardan üstteki veri darbelerinin yükselen kenarlarında tetiklenerek çıkışında 10µs'lik bir darbe üretmektedir. Tek atımlılardan altta yer alanı ise veri darbelerinin inen kenarlarında tetiklenerek çıkışında 20µs süreli bir darbe üretmektedir. Demodülatör kısmında yer alan üçüncü tek atımlı devre ise girişine gelen her yükselen kenarda tetiklenerek 15µs süreli bir darbe üretmektedir.

Şekil 7'deki devreye göre modülasyon ve demodülasyon işlemlerinin nasıl gerçekleştiği aşağıdaki gibi açıklanabilir. Bilgisayarın RS232C seri iletişim biriminin veri gönderme ucu olan Tx ucundan gönderilecek verileri temsilen üretmek için modülatör kısmında bir işaret üretici kullanılmıştır. Bu işaret üretici +15V ile -15V tepe değerleri ile istenilen frekansta kare dalga üretmektedir. İşaret üreticiden gelen kare dalga işaretinin negatif değişimi modülatör girişindeki 1kohm'luk direnç ve anahtar diyodu (AA118) aracılığıyla kırpılmaktadır. Kırpıcı devrenin çıkışındaki (kırpıcı diyodun katodundan alınan) işaret Şekil 7'de sol üst köşede yer alan kararsız ikilinin reset girişine ve şekilde üst üste bulunan tek atımlılardan altta yer alan ve veri darbelerinin inen kenarlarında tetiklenerek bir tek atımlı darbe üretecek olan tek atımlı devrenin girişine uygulanmaktadır. Bu devrede modülasyon işlemi 555 zamanlama tümdevresiyle gerçekleştirilmiş olan bir adet kararsız ikili ve iki adet tek kararlı ikili ile gerçekleştirilmektedir. Kararsız ikili devresi bilgisayarlar arasında iletim kanalı oluşturulurken gerekli olan darbeleri üretir ve çıkışında ürettiği işaretle bir evirici üzerinden çıkışındaki tek atımlıyı tetikler. Kararsız ikilinin tetiklediği tek atımlı devresi demodülatörde veri darbesi olarak demodüle edilecek olan 10µs süreli darbeleri üretmektedir. Veri gönderecek bilgisayar haberleşeceği bilgisayar (veya bilgisayarlarla) iletişim kanalı oluşturmak için veri hattındaki veriyi işaret seviyesine çeker. Bu esnada kararsız ikilinin reset ucu lojik-1 seviyesindedir. Reset ucundaki işaret 1 seviyesinde olduğu sürece kararsız ikili çıkışında belli bir frekansta (burada 300bps veri hızına karşılık olarak 300Hz) kare dalga üretilir. Alıcı devresine gönderilmekte olan verinin 1 seviyesinde olduğunu belirtmek için modülatörün bu esnada 10µs'lik darbeler üretmesi ve bunun alıcıya gönderilmesi gerekmektedir. Bu 10µs'lik darbeler kararsız ikilinin ürettiği kare dalgaların her yükselen kenarında oluşturulmaktadır. Söz konusu bu 10µs'lik darbeler kararsız ikili çıkışıyla bir evirici üzerinden tetiklenen tek kararlıyla üretilmektedir. 555 zamanlama tümdevresiyle oluşturulmuş olan tek kararlı devresi inen kenarla tetiklendiği için arada bir evirici kullanmak gerekmiştir. İletişim kanalı kurulduktan sonra veri göndermeye başlayacak olan bilgisayar veri hattındaki işareti 1 seviyesinden sıfır seviyesine çeker. Bu durumda oluşan inen kenarda, şekilde alta yer alan tek kararlı tarafından demodülatörde lojik-0 olarak değerlendirilecek olan 20µs'lik darbe üretilir. Bu esnada kararsız ikilinin reset ucundaki işaret sıfır seviyesine düştüğünden kararsız ikili susturulmuş olur yani kararsız ikili çıkışı bu süre zarfında sıfır seviyesinde kalır. Daha sonra gelecek ilk veri darbesinin ve diğer veri darbelerinin yükselen kenarlarında kararsız ikili tarafından 10µs'lik darbeler, veri darbelerinin

her inen kenarlarında da $20\mu\text{s}$ 'lik darbeler üretilir. Şekil 8(a)'da yer alan grafikte üstteki değişim veri darbelerini, alttaki değişim ise yükselen ve inen kenarlarda üretilen $10\mu\text{s}$ 'lik ve $20\mu\text{s}$ 'lik darbeleri göstermektedir. Şekil 8(a) elde edilirken, söz konusu mikro saniyeler mertebesinde kısa süreli darbelerin darbe sürelerini ayırt edebilmek için girişteki veriye karşılık düşen ve işaret üretici tarafından üretilen kare dalganın frekansını arttırmak gerekmiştir. Şekil 8(a)'da altta yer alan işaret demodülatörün girişine gelen (VEYA kapısının çıkışı) işaretler. Demodülatörün girişine gelen darbelerin her yükselen kenarında demodülatördeki $15\mu\text{s}$ 'lik darbe üreten tek kararlı tetiklenir (tek kararlı ikili inen kenarla tetiklendiği için arada bir evirici kullanmak gerekmiştir). Bu tek kararlı ürettiği $10\mu\text{s}$ 'lik ve $20\mu\text{s}$ 'lik darbe süreleri arasındaki $15\mu\text{s}$ 'lik darbe süresine sahip darbelerin her inen kenarında ise demodülatördeki DFF tetiklenir (buradaki DFF, JKFF ve bir evirici kullanılmak suretiyle K, J'nin değili yapılarak gerçekleştirilmiştir). DFF'in tetiklenme anında eğer DFF'in J ucuna gelmiş olan darbenin süresi $10\mu\text{s}$ ise darbe $5\mu\text{s}$ önce sona ermiştir ve tetikleme anında J ucundaki işaret sıfır seviyesinde olduğundan DFF'in Q çıkışı sıfır (Q' çıkışı 1) olur. Bu şekilde demodülatörün girişine gelen ve lojik-1 bilgisini içeren $10\mu\text{s}$ 'lik darbe Q' çıkışında lojik-1 olarak demodüle edilmiş olur. Eğer DFF'in tetiklenme anında J ucundaki işaret hala 1 seviyesinde ise (lojik-0 bilgisine ilişkin $20\mu\text{s}$ 'lik darbenin süresi henüz sona ermemişse) Q' çıkışı lojik-0 olur. Demodülasyon işlemi bu şekilde yapılmış olur. Şekil 8(b)'de üstte demodülatörün girişine gelen darbeler, altta ise demodülatördeki tek kararlı ürettiği $15\mu\text{s}$ 'lik darbeler birbirine bağlı olarak gösterilmiştir.



Şekil 7:
Benzetim devresi

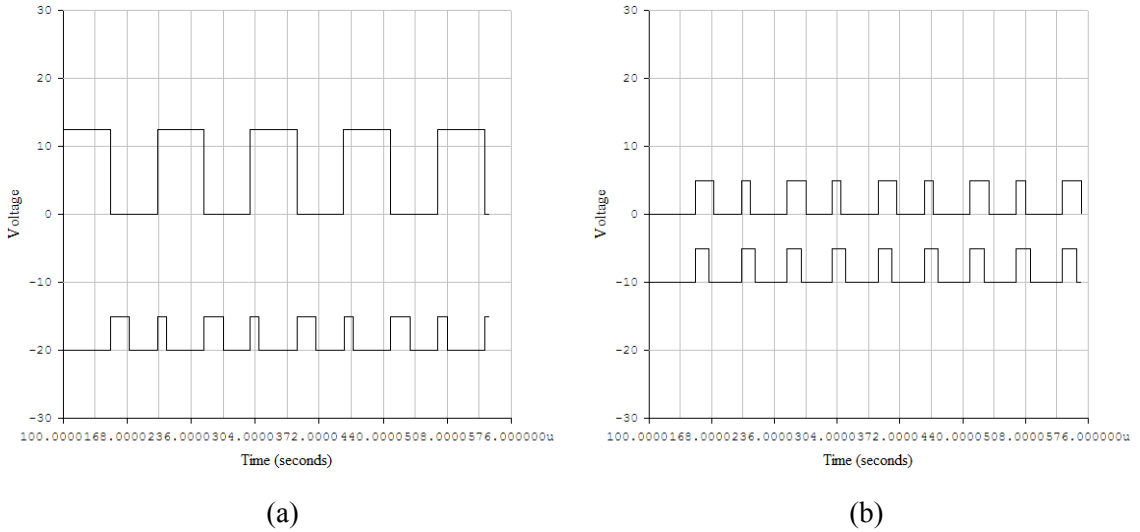
3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Gerçekleştirilen MODEM'in veri hızı iletişim uzaklığıyla ilişkilidir. İletişim uzaklığını arttırmak için vericideki LED'lerin ışık şiddetini (dolayısıyla ışık şiddetiyle orantılı olan LED'den akan akım darbesinin genliğini) ve alıcının duyarlılığını (yani alıcıdaki fotodetektörün duyarlılığını ve kuvvetlendiricilerin kazancını) arttırmak gerekmektedir. Burada çoğu uygulamaların aksine aynı zamanda fon gürültüsünü de azaltıcı etkisi olan LED'in ışık şiddetini arttırma yoluna gidilmiştir. LED'in ışık şiddetini arttırmak ise LED'i darbeli yüksek

akım çalışma modunda çalıştırarak mümkün olmaktadır. Bu durumda LED'in akımının darbe süresi ile boşluk süresi uygun değerlerde olmalıdır.

LED'in soğuması için gerekli boşluk süresi ulaşılması istenen ışık şiddeti ve iletişim uzaklığına bağlı olarak LED akımı arttırıldıkça artmaktadır. Bu da olması gereken bir bitlik darbe süresini ya da boşluk süresini arttırmaktadır. Yani veri hızı düşmektedir. Bu uygulamada iki farklı darbe süresi söz konusu olduğu için veri hızını ve iletişim uzaklığını belirlerken en uzun süreli darbe süresi (burada $20\mu s$) dikkate alınmalıdır. Burada ayrıca özellikle önerilecek olan alıcıya ulaşacak ışık şiddetini arttırmak için optik elemanların (reflektörler ve mercekle sistemlerinin) kullanılmasıdır.

Bilgisayarlar arası veri iletişimde değişik veri hızlarında veri iletimi yapabilmek için veri hızı bilgisayarlar tarafından değiştirilebilmektedir. Burada tasarlanan MODEM de bazı değişik düşük veri hızlarında çalışabilir. Bunun için devrede bir değişiklik yapılmasına gerek yoktur. MODEM devresi bir kez çalışabileceği en yüksek veri hızına göre tasarlandıktan sonra daha düşük veri hızlarında da çalıştırılabilir. MODEM'in en yüksek veri hızına göre belirlenmiş olan vericideki LED'lerin ışık şiddetleri ve alıcı duyarlılığı ise veri hızı düşürüldüğünde değişmez. Değişik hızlarda çalışabilmek için MODEM'in verici devresindeki kararsız ikilinin frekansı en düşük veri hızına göre belirlenmelidir (örneğin 110bps için 110Hz). Veri hızı arttığı takdirde kararsız ikilinin reset uzuna gelen işaretin frekansı da artacaktır. Bu durumda kullanılan 555 zamanlama tümdevresinin çalışma ilkesine göre kararsız ikilinin çıkışında ürettiği darbelerin frekansı da reset ucundaki darbelerin frekansına eşik olacaktır. Gönderilecek olan veri katarında art arda birden fazla lojik-1 seviyesinin oluşması veya iletişim kanalının oluşturulması esnasında hattın uzun süre lojik-1 seviyesinde tutulması sistemin çalışmasında hataya sebep olmayacaktır.



Şekil 8:

- (a) Üstteki değişim veri darbelerini, alttaki değişim ise veri darbelerinin yükselen ve inen kenarlarında üretilen $10\mu s$ 'lik ve $20\mu s$ 'lik darbeleri göstermektedir.
- (b) Üstte demodülatörün girişine gelen darbeler, altta ise demodülatördeki tek kararlılık ürettiği $15\mu s$ 'lik darbeler birbirine bağlı olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bradbury, D. (1991). Shedding Light on Opto-electronics, Electronics World + Wireless World, pp. 911-915.
2. Hickman, I. (1995). Reflections on Opto-electronics, Electronics World + Wireless World, pp. 970-974.
3. Özütürk, E. (2002). LED'lerin Aşırı Darbe Akımında Bazı Davranışlarının İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(1), 19-35.
4. Özütürk, E. (2003). Kızılötesi Optik MODEM, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, 11-16.
5. Özütürk, E. (2006a). LED'in Elektriksel Karakteristiklerinin Optik Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(3), 389-396.
6. Özütürk, E. (2006b). LED Işığının Algılanabilme Uzaklığını Artırma Olanaklarının Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1-2), 83-96.

Makale 17.05.2011 tarihinde alınmış, 29.04.2012 tarihinde düzeltilmiş, 01.08.2012 tarihinde kabul edilmiştir.

