

UYARLAMALI DELTA MODEM: YENİ BİR BAKIŞ

Gökhan UÇKAN

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Denizli/Türkiye

e-posta: guckan@pamukkale.edu.tr

Anahtar sözcükler: Uyarlamalı Delta Modemler, Niceleme, Kipleyci-Kipçözücü, UDM vuruş,

ABSTRACT

Adaptive delta modulators reduce the slope overload error to a greater extent. The conventional adaptive delta modulators have complex hardware and the algorithms employed still need to be improved in speed for the source of larger bandwidths. In this study, a high speed adaptive delta modulator and its modification which are quite fast in response to overcome and to reduce the slope overload error furthermore, is described. In the modification, only a minor change in the hardware that only include the replacement of the registers generating the step in the ADM modulator and the ADM de-modulator. The proposed ADMs are cost effective and have simple hardware which are suited for many systems.

1. GİRİŞ

Telemetre ve tele-enstrumantasyon sistemlerinde, bir tarafta dönüştürülen işaret diğer bir tarafa iletilip alıcı tarafından algılanmalıdır. Bu sistemlerin sanayilerde, uzaktan tanı iletişi ve uzaktan algılama sistemlerinde geniş uygulamaları bulunmaktadır. Kanal band genişlikleri korunacak şekilde veri haberleşmede bu sistemler kullanılmaktadır. Delta modülasyonda, Veri sıkıştırma etkisi varolduğundan, her toplanan veri için bir bit iletilmektedir. Ancak kaynak işaretin keskin intikal değişimlerinde (steep transitions) diğer tarafta oluşturulacak olan işaretinde eğim aşırı yüklenme hatası (slope over load error) oluşmaktadır. Uyarlamalı Delta Modemler (UDM) eğim aşırı yüklenme hatasını büyük ölçüde düşürmektedir. Piyasada kullanılan UDM'lerin oldukça karmaşık donanım yapıları bulunmaktadır. Algoritmalarının, kaynağının daha fazla band genişliklerine uyum sağlayabilmesi için geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bildiride hızlı çalışan ve daha az eğim aşırı yüklenme hatası veren bir UDM ve başarımını daha da arttırmak için üzerinde yapılan değişiklikler tanıtılmaktadır. Aynı zamanda sunulan sistemler, günümüzde kullanılan UDM sistemlerine göre çok daha ucuz imal edilebilmektedir. İlk olarak tasarlanan UDM sisteminde akümülatörün adım boyu, analog işaretini yakalayana kadar her defasında iki kat arttırılmaktadır. Alıcı tarafında elde edilen işaretin intikal noktalarında (transition points) aşmaların

(spike) filtrelenebilmeleri (post-filter) için, aşmaların mümkün olduğunca düşük seviyede tutulması gerekmektedir. Oluşturulan ilk sistemde her bir aşmadan sonra adım boyu iki kat arttırıldığı için aşmalar oluşmaktadır. Örneğin, toplanan işaretin analog işaretine erişmesine bir adım kala, toplanan işaretin bir sonraki adım boyu iki kat arttırıldığı için ister istemez alıcının intikal noktalarında aşma oluşacaktır. Bu aşma iyi tasarlanmış bir filtre sayesinde ortadan kaldırılabilir. Ancak aşmaların daha düşük seviyede tutulması mümkün olduğunda filtre ihtiyacı zorunlu olmamaktadır. Değiştirilen UDM'de (MUDM) var olan sistemin ortalama aşma seviyesi düşürülmektedir. MUDM'de önceden varolan sistemde sadece ufak bir değişiklik yapılmıştır. Bu değişiklik, donanımda adım boyunu belirleyen adım üreticisi (STR) kısmında yer almaktadır. Değişiklik iki taraflı olup hem verici hem de alıcı kısmında yer almaktadır. Bu geliştirilen UDM'ler hem hesaplı, hem de birçok sistemle uyumludur.

2. GELİŞTİRİLEN UDM ALGORİTMASI

Bu algoritmalar sistemlerin gerçekleştirme maliyetleri, hız, eğim aşırı yüklenme hataları hakkında bilgi verdikleri için önemlidir.

2.1 GELİŞTİRİLEN HIZLI UYARLAMALI DELTA MODEM ALGORİTMASI

Şekil-1 oluşturulan UDM sistemin temel blok-şemasını göstermektedir. Analog olarak toplanmış giriş işareti $V_i(nT)$ olarak gösterilmektedir. Bu işaret karşılaştırıcı (C) da toplanmış $AC(nT)$ işaretinin analog dönüşüm eşitliği ile mukayese edilmektedir. Bunun sonucuna bağlı olarak $UDM(n)$ vuruşları elde edilmektedir. Adım üretici'si (STR) adım boyunu $S(n)$, o anlık UDM vuruşuna bağlı olarak kendi doğal yapısı belirlemektedir. Adım boyunu belirleyen algoritma aşağıda verilmiştir.

REPEAT
IF $UDM(n) = UDM(n+1)$
 $S(n+1) = a(n) * 2 * S(n)$

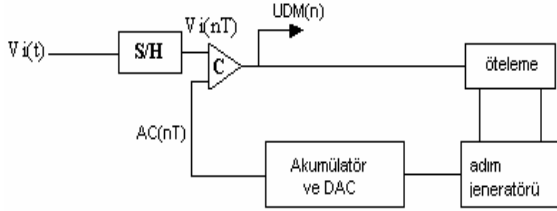
```

ELSE
    S(n+1)=-a(n)
ENDIF
UNTIL (sistem faaliyetini sürdürmeye devam ettikçe)

```

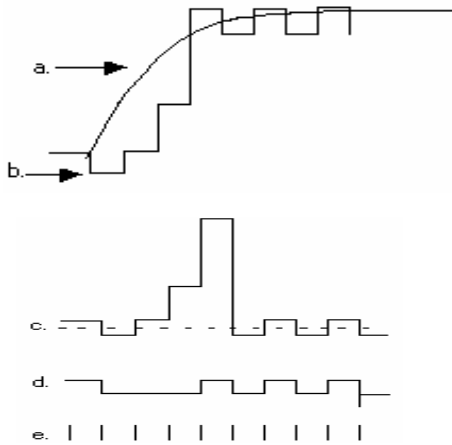
Burada $a(n) = +1, UDM(n)=0$ ise
 $a(n) = -1, UDM(n)=1$ ise

Eğer, toplanmış akümülatör (AC(nT)) çıkışı toplam analog giriş işaretinin ($V_i(nT)$) altında veya üzerinde ise adım boyu ikiye katlanmaktadır.



Şekil-1. UDM temel blok şeması

Eğer AC(nT) $V_i(nT)$ altında ise bir sonraki adım pozitif, AC(nT) $V_i(nT)$ 'in üzerinde ise bir sonraki adım negatif olmaktadır. AC(nT) $V_i(nT)$ yi yakalayana kadar, adım boyu her bir zaman periyodu sonunda ikiye katlanmaktadır. Bu durum akümülatörün analog giriş işaretini ani intikal değişimlerinde bile kısa zamanda yakalamasını sağlamaktadır. Şekil-2 de S(n) her bir zaman periyodu sonundaki UDM vuruş değerine göre, akümülatöre eklenen yada çıkarılan adım işaretini temsil etmekte. UDM(n) ise UDM vuruşlarını ve a(n) de adım boyunun alacağı işareti (-,+), belirtmektedir.



- Analog giriş işareti $V_i(t)$
- Toplanan işaret AC(nT)
- Adım boyu S(n)
- UDM vuruşu UDM(n)
- Toplam zaman periyotları

Şekil-2. İşaret Dalga tipleri

Şekil-2 de daha önce anlatıldığı gibi her ne zaman AC(nT) $V_i(t)$ ' yi aşarsa sonraki adım boyu zıt işaret

değerini alır. Şayet AC(nT) $V_i(nT)$ 'in altında ise adım boyu AC(nT) pozitif değer alır. Eğer bir sonraki zaman periyodu sonunda AC(nT) $V_i(nT)$ 'in tekrar altında ise o zaman AC(nT)'in değeri bir sonraki adım boyu miktarının iki katı kadar arttırılmaktadır. Bundan sonraki zaman periyodunda tekrar AC(nT) $V_i(nT)$ 'in altında ise, önceki adım boyunun iki katı kadar akümülatörün değeri arttırılır. Buda birim adım boyunun dört katı olur. Şekil-2 de görüldüğü gibi AC(nT) $V_i(nT)$ 'in üzerine geçerse bu defa sonraki adım boyu negatif bir değer alacaktır. Buna bağlı, sonraki zaman periyodunda AC(nT) bir birim adım boyu $a(n)=-1$ düşürülecektir. Sonraki zaman periyodunda AC(nT) $V_i(nT)$ 'in yine üzerinde kalırsa; AC(nT) den daha önce düşürülen adım boyunun iki katı kadar (iki birim adım boyu) düşürülür. Sistem algoritmaya göre bu şekilde akışını sürdürür. Bu ilk tasarlanan UDM (GUDM) de adım boyları 1 den maksimum 8'e kadar çıkabilmektedir.

2.2 GELİŞTİRİLEN UDM ÜZERİNDE YAPILAN İLK DEĞİŞİKLİK

Değiştirilen UDM de, ilk geliştirilen UDM' nin blok şemasına benzer prensipleri paylaşmaktadır. Adım boylarında sadece ufak bir değişiklik yapılmıştır. Değiştirilen UDM in algoritması aşağıda verilmiştir.

```

REPEAT
    IF UDM(n+1)=UDM(n)
        IF  $t < n_{mak}$  or  $t = n_{mak}/2$ 
            S(n+1)=2*S(n)
        ELSE
            S(n+1)=S(n)/2+S(n)
        ENDIF
    ELSE
        S(n+1)=a(n)
    ENDIF
UNTIL(sistem faaliyetini sürdürmeye devam ettikçe)

```

Burada t: AC(nT) ile $V_i(nT)$ kesişmesinin meydana gelmesine kadar geçen zaman

n_{mak} : AC(nT) nin $V_i(nT)$ yi yakalayana kadar geçen zaman.

n-1 toplanmış işaretin AC(nT) ile analog giriş işaretin kesişme noktasına kadar mümkün olan maksimum zaman periyodu sayısını vermektedir. Analog giriş işaretin 100% intikali için oluşturulan; olası adım sayısı, adım boyu ve toplanan değerlerin artışı tablo-1 verilmektedir. Burada $n_{mak} = 8$ olarak belirlenmiştir. 4-bitlik bir yazmacında adım sayıları 7'dir. 8 bitlik bir yazmaç da ise olası maksimum adım sayısı 15 olacaktır. Genellenecek olursa, m bitlik bir yazmaç için olası maksimum adım sayısı $2^m - 1$ 'dir. Bu adım sayısının $2^m - 1$ olarak belirlenen delta modülasyonu ile mukayese edilirse oldukça düşük olduğu görülür.

Dolayısı ile her ne zaman yeni adım periyodu sıfırlandığında analog işaretin her keskin değişimlerinde yeni adımlar ikiye katlanarak belirli bir

zaman sonunda akümülatörün analog giriş işaretini yaklaşmasını sağlamaktadır. Ancak belirli bir aşamadan sonra ($>n/2$) her adım boyu yarı büyüklüğünde artacağından akümülatör analog giriş işaretini daha yakın bir takiple yakalayacaktır. Bunun sonucunda yüksek aşma oranı bir miktar engellenmiş olacaktır. Böylece ilk geliştirilen UDM (GUDM)' ye göre daha iyi verim sağlayacaktır.

Tablo-1 GUDM için olası adım değerleri

Saat	adım verisi (S)	adım boyu (S)	Acc (AC)	adım artışı ΔS
1	0001	1	1	1
2	0010	2	3	1
3	0100	4	7	2
4	1000	8	15	4
5	1100	12	27	4
6	1110	14	41	2
7	1111	15	56	1

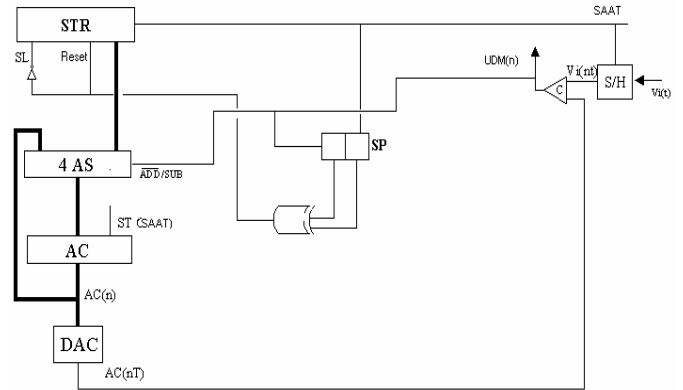
3. GERÇEKLEŞTİRİM

Birçok uygulamalarda maliyet önemli bir kriter oluşturmaktadır. Üzerinde karar verilen algoritmalar gerçekleştirme maliyetleri de göz önünde bulundurulmaktadır.

3.1 HIZLI UYARLAMALI DELTA MODEMİN GERÇEKLEŞTİRİMİ

Hızlı UDM bir adet 4-bit toplayıcı/çıkarıcı (adder/subtractor), akümülatör olarak çalışan bir adet 4 bit paralel ötelemeli yazmaç (shift register), 4 bitlik bir dijital analog dönüştürücü (DAC), adım boyu üreticisi olarak 4 bitlik seri sola ötelemeli yazmaç (Serial Shift Left Register), bir adet analog karşılaştırıcı (C), adım işaretçisi için 2 bitlik seri sağa ötelemeli yazmaç (SP) ve bunların dışında mantık kapıları bulunmaktadır. Şekil -3 bir 4-bit sistemidir. Analog giriş işareti için toplam niceleme 16'dır. Adım boyu yazmacının (STR) başlangıç değeri "1"dir. STR 1000 değerine ulaştığında birim adım boyunun 8 katına ulaşmaktadır. Akümülatöre her bir periyot sonunda eklenecek yeni adım boyu, adım boyu üreticisi olan adım boyu yazmacı tarafından, adım sonuç değeri akümülatörün üzerine yazılıp adım işaretçisinin (SP) sonuca bağlı olarak belirlenmektedir. Böylece her bir zaman periyodu sonucunda 4AS'nin SP'nin sonucuna göre ya yeni adım boyu değeri akümülatör değeri ile toplanmakta ya da çıkarılmaktadır. Bu akümülatörün yeni değerini belirlemektedir. AC(n) akümülatör değeri dijital analog dönüştürücü (DAC) ye iletilerek analog değer olan AC(nT) elde edilir. Bu değer Vi(t) analog giriş değerinin toplu halde olan Vi(nT) ile karşılaştırıcı tarafından mukayese edilip, yeni UDM vuruş çıktıları elde edilir. UDM vuruşları alıcı tarafına iletilip orada orijinal analog giriş işaretleri yeniden oluşturulur. Bu işlem için alıcı tarafında bir

kipçözücü devre kullanılmaktadır. Kipçözücü devre Şekil-3 deki ile aynı olup aynı çalışma prensibini paylaşmaktadır. Kipçözücü kipleyci devre ile aynı olduğundan burada gösterilmeyor.



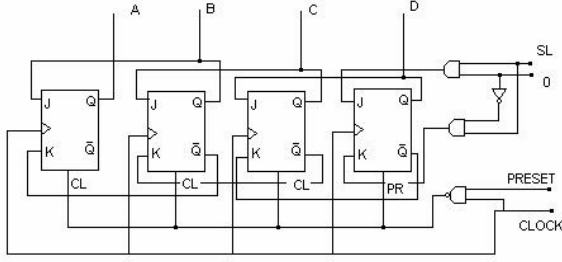
Şekil-3. Kipleyci devre.

UDM vuruş değeri ise aynı zamanda 4AS için çıkarma ya da toplama operasyonunun alt komutunu oluşturmaktadır. Şayet akümülatör analog giriş işaretinin altında ise, toplama işlemi, üzerinde ise çıkarma işlemi yapılacaktır. 4AS için işlem fonksiyonları tablo-2 de verilmektedir.

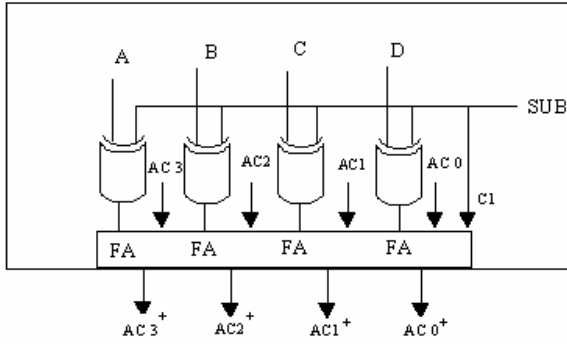
Tablo-2 (4AS işlem fonksiyonlarını gösterir, SUB 0 değerini alırsa toplama 1 değerini alırsa çıkarma işlemi yapılır.)

$AC(nT) : vi(nT)$	C,SUB
$AC(nT) < vi(nT)$	0
$AC(nT) > vi(nT)$	1

Bir sonraki adım boyunu belirlemek için UDM'in son iki çıkış biti daima adım işaretçisinde (SP)de saklanmaktadır. SP çıkışına bağlı bulunan özel veya kapısı STR için reset girişini oluşturmaktadır. Özel veya kapısının çıkış değerine bağlı olarak STR reset olacak ya da STR değeri bir sola ötelenecektir. Her bir AC(nT) ve Vi(n)'in kesişmesi sonucunda (SP tuttuğu değer '10' ya da '01' olduğunda) STR reset olacak ve '0001' değerini alacaktır. Şayet SP çıkışı '11' ya da '00' olursa STR yazmacın tuttuğu değer bir sola ötelenip bir önceki değeri ikiye katlanmasını sağlayacaktır. Örneğin STR tuttuğu '0001' değeri bir kere sola ötelenmeden dolayı '0010' değerini alacaktır. Başlangıçta, akümülatörün analog giriş işaretini yakalayana kadar SP'nin tuttuğu değer hep '00' olacaktır. Bu da her yeni zaman periyodu sonunda STR içindeki değeri bir sola ötelenecektir. Sonuç olarak STR değeri her bir zaman periyodu sonunda ikiye katlanıp akümülatörün analog giriş işaretine çabuk erişmesini sağlayacaktır. Akümülatör ile analog giriş işaretinin kesişmesi durumunda STR reset olacaktır. Şekil-4 STR yazmaç devresini göstermektedir.



Şekil-4. STR Yazmacı



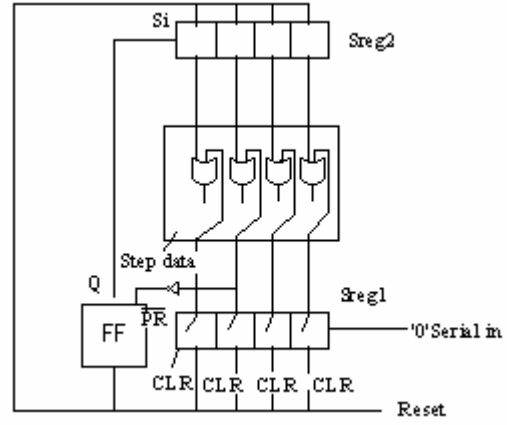
Şekil-5. 4-bit Toplayıcı/Çıkarıcı (4AS)

Şayet SL '1' değerini alırsa D (A) flip-flop' una '0' değeri girer ve tüm bitler bir sıra sola doğru ötelenir. Eğer preset '1' değerini alırsa o zaman bir sonraki zaman periyodu DCBA '0001' değerlerini alır.

Şekil-5 Toplayıcı/Çıkarıcı (4AS) devresini göstermektedir. Çıkarma işlemi ikili tamlayıcı metodu mantığına göre yapılmaktadır. Dört adet seri toplayıcı (FA) kullanılarak, SUB komutuna bağlı olarak toplama ya da çıkarma işlemleri icra edilmektedir. SUB komutu '1' değerini aldığımda D,C,B,A değerlerinin 2'li tamlayan metoduna göre tersi alınıp akümülatörün o anki değerinden (AC_0, AC_1, AC_2, AC_3) çıkarma işlemi gerçekleşecektir. Şayet SUB SP çıkış değerine bağlı olarak '0' değerini aldığımda D,C,B,A değerleri ile o anki akümülatör değeri 4AS devresi tarafından toplanmaktadır.

3.2 İLK DEĞİŞTİRİLEN UDM (MUDM) ALGORİTMANIN GERÇEKLEŞTİRİMİ

Daha önce bas ettiğimiz gibi bu UDM'nin mimarisi ilk tasarlanan UDM'nin kipleyci ve kipçözücünün mimarisi ile aynıdır. Şekil-3 deki ilk tasarlanan UDM kipleyci, benzer şekilde değiştirilen UDM (MUDM) için tasarlanmıştır. Burada 5 bit Toplayıcı/Çıkarıcı (5AS), Akümülatörü oluşturan 5 bitlik bir paralel ötelemeli yazmacı, 5 bitlik bir dijital analog dönüştürücü (DAC), bir analog karşılaştırıcı (C), adım işaretçisi olarak 2 bitlik sağa öteleme yazmacı, mantık kapıları ile oluşturulmuş 4 bitlik bir adım yazmacı (STR) bulunmaktadır. Tüm devreler daha önceki UDM devrelerine benzemektedir. Sadece Şekil-6 da görüldüğü gibi STR yeni algoritmayı gerçekleştirebilmek için yeniden tasarlanmıştır.



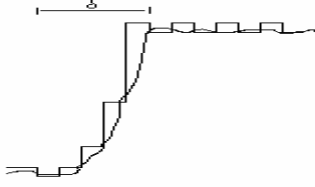
Şekil-6. MUDM için tasarlanan STR devresi

Yeni STR devresinin her biri 4-bit ($n/2$)'lik Sreg1 ve Sreg2 olmak üzere iki adet seri ötelemeli yazmacı bulunmaktadır. Sonuç değerini elde etmek için bu iki yazmacın sonuç değerlerin her bir biti Şekil-6 da görüldüğü gibi veya kapılarına bağlanmıştır. '0' biti Sreg1 için seri giriş verisini oluşturmaktadır ve bunun sonunda bağlı bulunan FF ötelemeli yazmacı Sreg2 için giriş değerlerini oluşturmaktadır. STR yazmacındaki reset girişi Sreg1 deki Düşük seviyedeki bitlere (L.S.B) '0' değerini verip, Sreg1 deki diğer tüm bitleri sıfırlamaktadır. Aynı zamanda Sreg2 yazmacını ve FF yi de sıfırlamaktadır. Daha öncede olduğu gibi $AC(nT)$ ile $Vi(n)$ herhangi bir noktada kesişmesi sonunda STR '0001' değerini alacaktır. Bundan sonra bir diğer kesişmeye kadar STR deki bitler her yeni zaman periyodu sonunda bir bit sola ötelenecektir. Sreg1 deki düşük değer bitindeki (LSB) ikinci en yüksek değer, Sreg1 in en yüksek değer bitinin (MSB) en düşük seviyesine kaydırıldığımda FF sıfırlanacaktır. O anda Sreg2 için seri girişini oluşturacaktır. Sonuç olarak bu devre (STR) Tablo-1 deki adım basamaklarını oluşturacaktır. Kipçözücü kısmında orijinal analog işaretin tekrar oluşturulması için kullanılan STR yazmacında da aynı yapı kullanılmıştır.

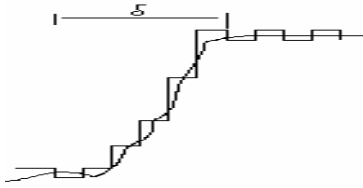
4. UDM İÇİN GERÇEKLEŞTİRİM SONUÇLARI:

İlk geliştirilen UDM (GUDM) ile günümüz (conventional) UDM' nin ve DM (Delta modülasyon) performansları karşılaştırılmıştır. Analog giriş işaretine, GUDM için kullanılan algoritma uygulanmıştır. Oluşan UDM vuruşları alıcı tarafına gönderilerek, GUDM kipçözücüsünde analog giriş işareti anaband (base band) işareti olarak tekrar oluşturulmuştur. Elde edilen değerler Şekil-7 da gösterilmiştir. Şekil-7a,b,c adım girişine göre, toplanan verinin, uygulanan UDM teknolojisine göre, UDM alıcısında tekrar analog işarete dönüştürülmesi, Şekil- 7b de aynı işaretleri doğrusal olarak artan adım boyu algoritmasına göre, Şekil-7c ise aynı olayı günümüz (conventional) delta modülasyon sistemine göre göstermektedir. Şekil-7c de delta modülasyonun

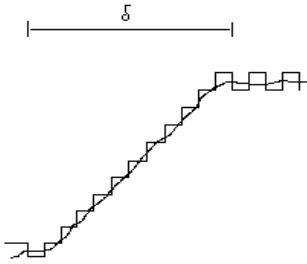
analog giriş işaretini yakalama zamanı δ 'nın oldukça geniş olduğu görülüyor. Şekil-7b de ise δ 'nın doğrusal artan adım boyu algoritmasına göre biraz daha küçük olduğu şekil-7a da değiştirilen UDM algoritmasına göre δ 'nın diğer iki şekil'e oranla çok daha kısa olduğu görülmektedir.



(a) İlk geliştirilen UDM teknolojisi olan GUDM



(b) Doğrusal artan UDM algoritması



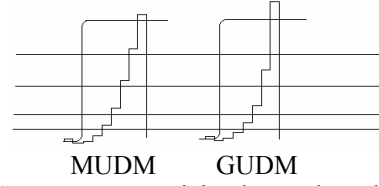
(c) Günümüzde kullanılan delta modülasyon DM
Şekil-7. Gerçekleştirim sonuçları

4.1 İLK DEĞİŞTİRİLEN UDM (MUDM) GERÇEKLEŞTİRİMİN SONUÇLARI

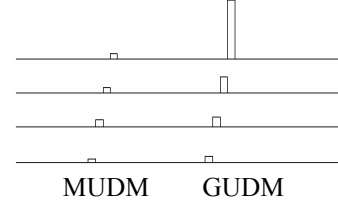
Şekil-8 her seviye için MUDM ve GUDM deki aşmaları, eğim aşırı yüklemelerini ve aralarındaki gecikmeleri göstermektedir.

5. SONUÇ

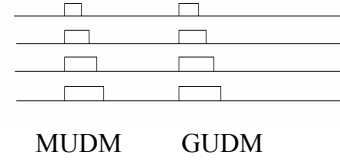
Değiştirilen UDM, donanım kısmında sadece ufak bir değişiklik içermektedir. Bu değişiklik adım üreticisi kısmında ötelemeli yazmaç yerine daha farklı bir devre kullanılarak oluşmuştur. Değişiklik sistemin basitliğini ve maliyetini etkilememiştir. Sonuç olarak oluşturulan yeni UDM oluşabilecek aşmaları daha düşük seviyede tutmaktadır. Analog giriş sinyalin intikal 75% (transition) den daha yüksek olduğu durumlarda MUDM de eğim aşırı yüklemesi hatası GUDM den daha fazla olmaktadır. İntikalin 75% ve altında olduğu durumlarda eğim aşırı yüklemesi hatası aynıdır. Aşmaların düşürülmesi filtreleme (Q post filtre) ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.



(a) GUDM, MUDM için oluşturulan adımlar.



(b) MUDM ve GUDM'de görülen aşmalar.



(c) MUDM'nin GUDM'ye göre her adım sonundaki gecikmesi.

Şekil- 8. MUDM ve GUDM 'de oluşturulan adımlar, aralarındaki aşma ve gecikme farkları görülmekte.

KAYNAKLAR

- [1] K. Balasubramanian, H.Çamur and H.Mahmutoğlu, "A Novel High performance Adaptive Delta Modulator " Proceedings of the 1999 IEEE Instrumentation and Measurements Technology Conference, Venice, Italy, May 1999, pp 204-208.
- [2] Balasubramanian, H.Çamur and G.Uçkan "Improving the noise performance of the adaptive delta modem", Proceedings of the 2000 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Baltimore, Maryland, USA, May 2000
- [3] K.Balasubramanian and G.Uçkan. "Reducing the spikes in the Adaptive delta modem", Proceedings of the first IEEE Balkan Conference on Signal Processing, Communication, Circuits and Systems. Technology Conference, Istanbul Turkey , June 2000
- [4] G.Uçkan, K.Balasubramanian, Proceedings of the 10th Symposium of the Faculty of Architecture and Engineering; "Adaptive Delta Modems: New Perspective". Mersin 10 Turkey , November 2001