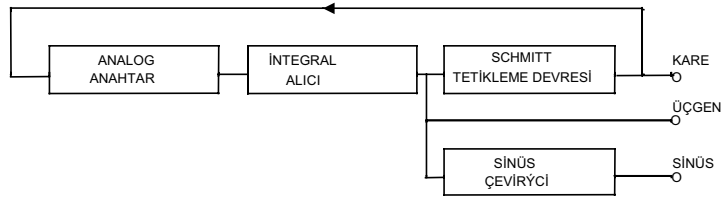


olacağından, devrenin çıkış gerilimi $V_O = V_{Omin}$ seviyesini alır. Fark edilebileceği gibi, giriş geriliminin $V_{R^-} - V_{R^+}$ aralığında bulunması halinde çıkış gerilimi V_{Omaks} değerini, bu aralığın dışındaki giriş gerilimi değerleri için de V_{Omin} değerini almaktadır.

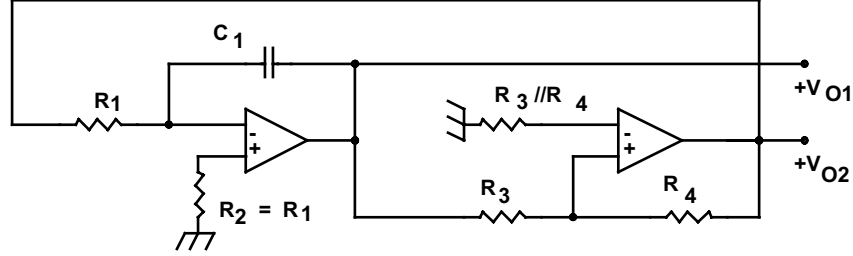
Fonksiyon üreteçleri

Bir çok devre uygulamasında kare dalga, üçgen dalga, sinüs, darbe gibi çeşitli türden dalga şekillerinin oluşturulmasına sıkça gereksinim duyulur. Bu tür dalga şekillerinin üretilmesi açısından, özellikle alçak frekanslarda, ideal birer eleman gibi davranan işlemsel kuvvetlendiricilerle kurulan fonksiyon üreteci yapıları iyi bir çözüm oluştururlar. Alçak frekanslarda elde edilen yüksek doğruluğa karşılık, çalışma frekansı yükseldikçe, daha önceki bölümlerde ele alınan hata kaynakları da etkili olmaya başlayacaklarından, üretilen dalga şekillerinde bozulmalar ortaya çıkar.

İlkesel olarak, işlemsel kuvvetlendiriciler yardımıyla oluşturulan fonksiyon üreteci Şekil-3.36'da verilen bloklardan oluşur. Şekil-3.36'dan fark edilebileceği gibi, devre bir analog anahtardan, bir integral alıcıdan, bir Schmitt tetikleme devresinden ve bir de üçgen/sinüs çeviriciden oluşmaktadır. Bu tür devrelerde üretilen temel dalga şekilleri kare dalga ve üçgen dalgadır. Sinüs biçimli işaretler ise, üçgen dalganın bir dalga şekillendiriciden geçirilmesi ile elde edilir. Başka bir deyişle, ilk önce dolup-boşalmalı osilatör ilkesine göre çalışan düzenler yardımıyla üretilmesi daha kolay olan dalga şekilleri elde edilmekte, sinüs dalga şekli ise bir dalga şekillendiricisi yardımıyla üretilmektedir. Şekil-3.36'da blok şeması verilen dolup-boşalmalı osilatör yapısının işlemsel kuvvetlendiriciler yardımıyla ne şekilde gerçekleştirileceği Şekil-3.37'de gösterilmiştir.



Şekil-3.36. Fonksiyon üreticinin blok şeması.



Şekil-3.37. İşlemsel kuvvetlendiricilerle gerçekleştirilen dolup-boşalmalı osilatör yapısı.

Şekilden fark edilebileceği gibi, devre bir integral alıcı ve bir de Schmitt tetikleme devresi içermektedir. Integral alıcı çıkışından rampa yahut üçgen dalga biçiminde bir çıkış işareti, Schmitt tetikleme devresi çıkışından ise darbe yahut kare dalga biçiminde bir çıkış işareti alınmaktadır.

$$V_K^- = -\frac{R_3}{R_4} V_{Omaks} \quad (3.79)$$

$$V_K^+ = -\frac{R_3}{R_4} V_{Omin} \quad (3.80)$$

Devredeki integratörün zaman sabiti $\tau = R_1 \cdot C_1$ değeriyle belirlenmiştir. Schmitt tetikleme devresinin konum değiştirme eşikleri ise bağıntıları ile verilir. Bunlar biraraya getirilirse, üretilecek işaretin periyodu

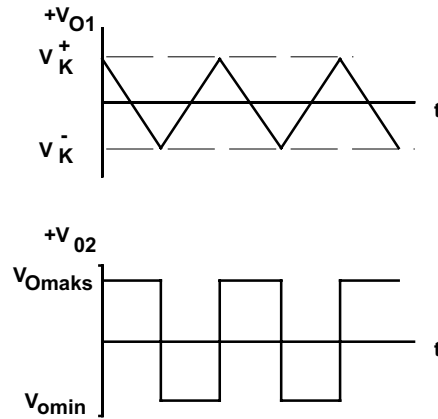
$$T = T_1 + T_2 = R_1 C_1 \frac{R_3}{R_4} \left[\frac{V_{Omaks} - V_{Omin}}{V_{Omaks}} + \frac{V_{Omin} - V_{Omaks}}{V_{Omin}} \right] \quad (3.81)$$

olur. Kullanılan işlemsel kuvvetlendiriciler için $V_{Omaks} = -V_{Omin}$ ise, işaretin periyodu ve frekansı

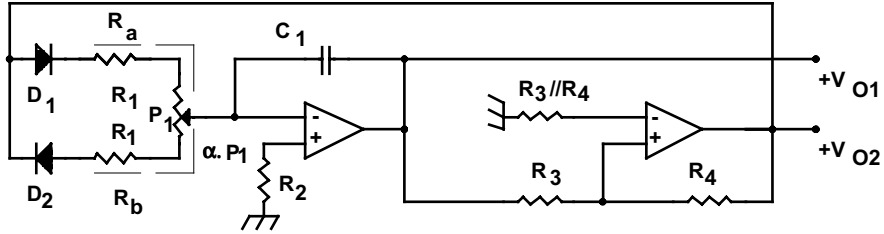
$$T = 4 R_1 C_1 \frac{R_3}{R_4} \quad (3.82)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.83)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir. Yapıda, C_1 kondansatörü aynı R_1 direnci üzerinden doldurulup boşaltıldığından, üçgen ve kare dalga, başka bir deyişle simetrik işaretler üretilmektedir. Elde edilecek dalga şekilleri Şekil-3.38'de verilmiştir. Fark edilebileceği gibi, kare dalga işlemsel kuvvetlendiricinin çıkış geriliminin iki yöndeki sınır değerleri arasında, üçgen dalga ise Schmitt tetikleme devresinin konum değiştirme eşik gerilimleri arasında değişmektedir.



Şekil-3.38. Üretilen dalga şekilleri.



Şekil-3.39. Darbe-periyot oranı değiştirilebilen fonksiyon üretici.

Bazı uygulamalarda, darbe-periyot oranı farklı olan işaretlerle çalışılması gerekebilir. Bu tür uygulamalar için yukarıda anlatılandan farklı bir fonksiyon üretici devresinin gerekli olacağı açıktır. Devre üzerinde bir değişiklik yapılarak C_1 kondansatörünün farklı yollardan doldurulup boşaltılması mümkündür. Böylece, darbe-periyot oranı farklı değerler alabilen işaret üretici düzenleri kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Kondansatörün farklı yollardan doldurulup-boşaltıldığı bir devre yapısı Şekil-3.39'da verilmiştir. Bu devrede R_1 direnci iki kola ayrılmıştır. Kondansatör kollardan biri üzerinden dolmakta, diğeri üzerinden

de boşalmaktadır. Bu işlem, kollar üzerine yerleştirilen D_1 ve D_2 diyotları yardımıyla sağlanmaktadır. P_1 potansiyometresi yardımıyla kollardan birindeki seri direnç değeri arttırılırken, diğer koldaki direnç değeri ise azaltılmaktadır. Böylece, potansiyometrenin konumuna bağlı olarak, kolların direnci ve bununla da kondansatörü doldurup-boşaltan akımlar değiştirilmiş olur. Bu durumda darbe-periyot oranı

$$\frac{T_1}{T_1 + T_2} = \frac{R_a}{R_a + R_b}$$

olur. Devreden hareket edilirse

$$R_a = R_1' + P_1(1 - \alpha) \quad (3.84)$$

$$R_b = R_1' + \alpha P_1 \quad (3.85)$$

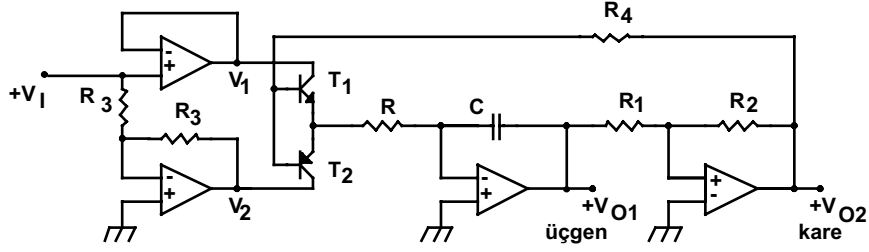
bulunur. Böylece, işaret frekansı

$$f = \frac{1}{T} = \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{2(R_a + R_b)C_1} \quad (3.86)$$

olur. Fark edilebileceği gibi, darbe-periyot oranının potansiyometrenin α konum çarpanına bağlı olmasına karşılık, f frekansı bu çarpandan bağımsız kalmaktadır. Dolayısıyla, frekansı sabit tutarak darbe-periyot oranını değiştirmenin mümkün olacağı açıktır.

Frekansı ayarlanabilir osilatörler

Buraya kadar incelenen yapılarda, elemanların belli değerleri için elde edilecek osilasyonun frekansının sabit kalacağı kolayca gösterilebilir. Oysa, bir çok uygulamada frekansı gerilimle kontrol edilebilen fonksiyon üreteçlerine gereksinme duyulmaktadır. İşlemsel kuvvetlendiriciler yardımıyla **gerilim kontrollü osilatör yapıları** kolayca gerçekleştirilebilir. Böyle bir gerilim kontrollü işaret üretici devresi Şekil-3.40'da görülmektedir.



Şekil-3.40. İşlemsel kuvvetlendiricilerle kurulan gerilim kontrollü osilatör devresi.

Devrede frekans kontrolü, V_1 ve $-V_1$ gerilimlerinin değiştirilmesiyle sağlanır. Bu gerilimler, girişe uygulanan pozitif kontrol geriliminden OP1 ve OP2 işlemsel kuvvetlendiricileri yardımıyla türetilirler. OP1 işlemsel kuvvetlendiricisi faz döndürmeyen birim kazançlı bir kuvvetlendirici olarak, OP2 işlemsel kuvvetlendiricisi ise yine birim kazançlı ve faz döndüren bir kuvvetlendirici olarak görev yapar.

OP1 ve OP2 işlemsel kuvvetlendiricilerinin çıkışlarından alçak empedanslı olarak alınan V_1 ve $-V_1$ gerilimleri, çıkış geriliminin yönüne bağlı olarak T_1 ve T_2 anahtar tranzistörleri üzerinden integral alıcının girişine uygulanır. Anahtar tranzistörlerinin uçlarındaki gerilim düşümü mV'lar mertebesindedir ve rahatlıkla ihmal edilebilir. Schmitt tetikleme devresinin histerezis aralığı üçgen dalganın genliğini belirler. İşlemsel kuvvetlendiricinin çıkış geriliminin değişim sınırlarının simetrik olduğu kabul edilirse, Schmitt tetikleme devresinin histerezis aralığı

$$V_H = 2 \frac{R_1}{R_2} V_{Omaks} \quad (3.87)$$

olacağından, üçgen dalganın genliği de bunun yarı değerini alır ve

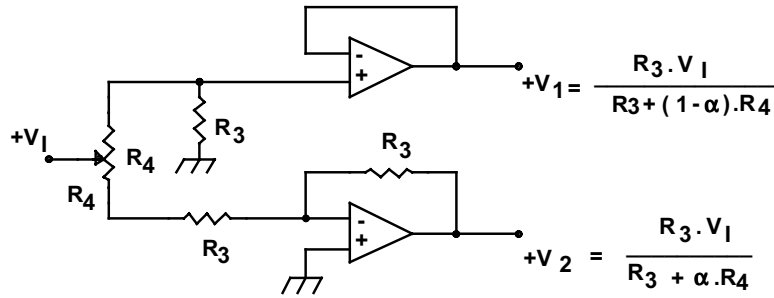
$$V_{DM} = \frac{R_1}{R_2} V_{Omaks} \quad (3.88)$$

olur. Devrenin osilasyon frekansı ile giriş kontrol gerilimi arasındaki ilişki ise

$$f = \frac{V_1}{4R.C.V_{Omaks}} \frac{R_2}{R_1} \quad (3.89)$$

bağıntısıyla ifade edilebilir. Bağlıntıdan fark edilebileceği gibi, osilasyon frekansı giriş gerilimiyle doğru orantılıdır. Bu nedenle, devre gerilim-frekans çevirici olarak kullanılmaya elverişlidir.

Darbe-boşluk oranı ayarlanabilir fonksiyon üretici



Şekil-3.41. Şekil-3.40'deki devreyi darbe-boşluk oranı değiştirilebilen bir osilatör devresine dönüştürmek üzere kullanılan ek devre.

Buraya kadar ele alınan fonksiyon üretici devreleri, aynı anda kare dalga ve üçgen dalga üreten devre yapılarıdır. Bazı uygulamalarda ise darbe-periyot oranı değiştirilebilen dalga şekillerine gereksinme duyulur. Bunun için bir önceki devrede basit bir değişiklik yapılarak çözüme gidilebilir. Şekil-3.40'daki devreyi darbe-boşluk oranı değiştirilebilen bir fonksiyon üreticine dönüştürmek üzere yapılacak ekler Şekil-3.41'de verilmiştir. Burada, önceki devredeki V_1 ve V_2 gerilimleri daha farklı yapılır ve bu gerilimler Şekil-3.41'deki devre ile oluşturulurlar; bu devre yardımıyla testere dişinin yükselen ve düşen kenarlarına farklı değerler verilmektedir. Buna göre

$$T_1 = \frac{2 \cdot R \cdot C \cdot V_{Omaks}}{V_1} \frac{R_1}{R_2} \quad (3.90)$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot R \cdot C \cdot V_{Omaks}}{|V_2|} \frac{R_1}{R_2} \quad (3.91)$$

olur. Buradan hareket edilirse, çıkış işaretinin periyodu için

$$T = T_1 + T_2 = 2 \cdot R \cdot C \cdot \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{|V_2|} \right) \frac{R_1}{R_2} V_{Omaks} \quad (3.92)$$

elde edilir. İlgili büyüklükler bu bağıntıda yerlerine konursa

$$\frac{1}{V_1} + \frac{1}{|V_2|} = \frac{1}{V_1 \cdot R_3} \cdot [R_3 + (1 - \alpha) \cdot R_4 + R_3 + \alpha \cdot R_4] = \frac{1}{V_1 \cdot R_3} [2 \cdot R_3 + R_4]$$

elde edilir. Görülebileceği gibi, periyot α konumundan bağımsız olmaktadır. Böylece, çıkış işaretinin frekansı için

$$f = \frac{R_3}{2 \cdot R \cdot C \cdot [2 \cdot R_3 + R_4]} \frac{V_1}{V_{Omaks}} \frac{R_2}{R_1} \quad (3.93)$$

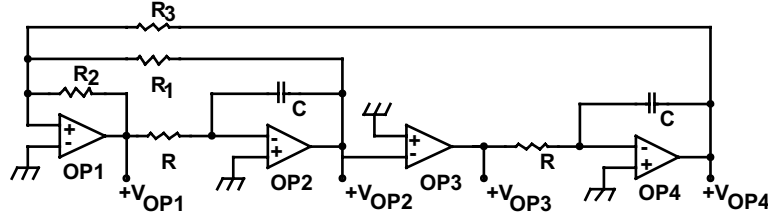
bağıntısı bulunur. T_1/T ve T_2/T oranları, R_4 potansiyometresi yardımıyla

$$\frac{R_3}{2 \cdot R_3 + R_4} \quad \text{ve} \quad \frac{R_3 + R_4}{2 \cdot R_3 + R_4}$$

değerleri arasında ayarlanabilir.

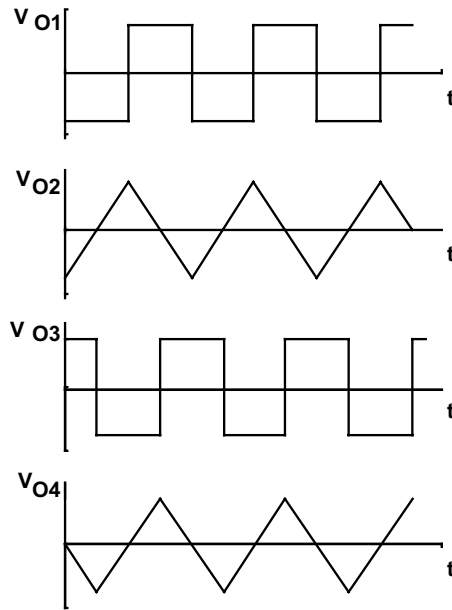
Aynı anda 90° faz farklı üçgen ve karedalga işaretleri üreten üreteçler

Buraya kadar ele alınan devrelerden fark edilebileceği gibi, fonksiyon üreteçlerinde genlik stabilizasyonu problemsiz olarak Schmitt tetikleme devresinin histerezis aralığı yardımıyla kolaylıkla sağlanmaktadır. Bu özellikten, sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının, başka bir deyişle 90° faz farklı işaretlerin üretilmesi amacıyla yararlanılabilir. Hareket noktası olarak herhangi bir işaret üreticinin üçgen dalga çıkışını ele alalım. Bu işaret bir gerilim karşılaştırıcının girişine uygulansın. Karşılaştırıcı çıkışındaki karedalga işareti ile üçgen dalga arasında 90° derece faz farkı bulunur. İkinci bir integral alıcı yardımıyla bu kare dalga işareti üçgen dalgaya çevrilir; bu üçgen dalga da orijinal üçgen dalgaya göre 90° farklı olur. Devrenin ne şekilde kurulacağı Şekil-3.42'de gösterilmiştir.



Şekil-3.42. Aynı anda 90° derece faz farklı üçgen ve karedalga üreten üreteçler.

OP1 ve OP2 işlemsel kuvvetlendiricileri ile kurulan düzen, daha önceki bölümlerde ele alınan türden bir fonksiyon üretici oluştururlar. OP3 ile kurulan karşılaştırıcı fazı 90° kaydırılmış karedalgayı, OP4 ile kurulmuş olan integral alıcı ise bununla ilişkili üçgen dalgayı üretir.



Şekil-3.43. Dalga şekilleri.

R_3 direnci üzerinden oluşturulan geribesleme olmadan devre çalışmaz. OP4 integratörü, R_3 direncinin devrede bulunmaması durumunda, kaçınılmaz olarak, simetri ve dengesizlik hataları nedeniyle kırpma sınırlarından birine

sürülürdü. Bu olay, R_3 direnci yardımıyla önlenmiş olmaktadır. R_3 direnci üzerinden V_{O2} gerilimi pozitif yahut negatif değerlere doğru kaydırılır ve bununla da V_{O3} geriliminin darbe-boşluk oranı değişir. Böylece, V_{O4} geriliminin kırılma sınırlarına kayması önlenir; bunun doğru bileşeni pratik olarak sıfır olur.

V_{O4} çıkışındaki üçgen dalga OP1 ve OP2 ile kurulan fonksiyon üreticinin çalışmasını etkilemez. V_{O2} geriliminin tepe değerlerinde V_{O4} sıfır olur ve OP1 ile kurulrn Schmitt tetikleme devresini bu anda etkilemez. Devreye ilişkin dalga şekilleri Şekil-3.43'de verilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] SIMPSON, C.D., Industrial electronics, Prentice Hall, Englewood Cliffs,1996.
- [2] HUMPHRIES, J., and SHEETS, L. P., Industrial Electronics, Breton Publishers, 1983.
- [3] GREBENE, A.B., Bipolar and MOS analog integrated circuit design, John Wiley and Sons Inc., New York, 1984.
- [4] TIETZE, U. and SCHENK, Ch., Halbleiterschaltungstechnik, Springer Verlag, 1983.
- [5] HERPY, M., Analog integrated circuits, John Wiley and Sons, 1980.
- [6] TIETZE, U. and SCHENK, Ch., Advanced electronic circuits , Springer Verlag, 1978.
- [7] STANLEY, W.D., Operational amplifiers with linear integrated circuits, Merrill Publishing Company, 1989.
- [8] REGTIEN, P.P.L., Instrumentation electronics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992.
- [9] ALLEN, P.E. and HOLBERG,D.R., CMOS analog circuit design, Holt-Rinehart and Winston Inc. 1987.
- [10] KUNTMAN, H., Analog tümdevre tasarımı, Sistem yayınları, 1992.
- [11] HELFRICK, A.D. and COOPER, W.D., Modern Electronic Instrumentation and measurement techniques, Prentice Hall, 1990.