

Astabil Multivibratör Üzerine Genel Bilgiler'

Çeviren :

Mehmet KAÇMAZ

TCDD

ÖZET

Bu yazıda astabil multivibratör üzerine genel bilgiler verilmekte, tasarımlama ilkeleri anlatılmaktadır.

SUMMARY

in this article general information about astable multivibratör is given and design principles are explained.

1. TANIMLAMA VE UYGULAMADAKİ YERİ

[1]'e göre : «Astabil multivibratör bir relaksiyon salıncısıdır. Yeni frekansı, bir harmonik salıncıda olduğu gibi bir salınım devresi ile değil, aksine $\exp. (-t/T)$ kuralına uyan bir boşalma süreci ile belirlenir»

Astabil multivibratörün, kısaca AV, kararlı konumu yoktur. Geleneksel devre, iki katb, çarp-

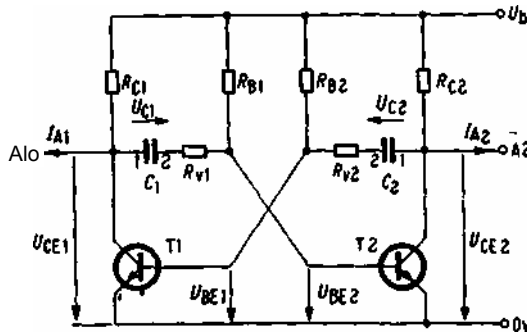
* Elektronik, 1971, S. 9-10, dergisinden çevrilmiştir.

raz kuplajh alternatif akım yükseltici olarak da tanımlanabilir. Önemli büyüklükleri, f frekansı ve K_f darbe oranıdır. Uygulama biçimine göre bunlardan biri önem kazanır. Uygulama yerleri: Sabit f ve K_f değerleri için —bunlara elle de kumanda edilebilir—, açılıp kapanır ışık-lama devrelerinde [2], sürekli çalışma halinde kara dalga satımcısı olarak, darbeleri ışık stro-boskopu, osiloskoplarda kontrol üretici, sayıcı-larda ve örneksel/sayısal çeviricilerde darbe üretici, f ve K_f 'in sürekli kumanda edilebilir değer-leri için gerilim/frekans çeviricisi olarak [3] ve

aynca daha yüksek bir frekansla eşzamanlanabileceği için frekans bölücü olarak kullanılabilir, öte yandan tetikleme çalışmada darbe serileri vermede de yararlanılabilir.

2. TEMEL DEVRE

Uygulama çokluğundan ötürü, ilkede aynı olmakla beraber, hemen göze çarpmayan çeşitli karmaşık devreler vardır. Sabit f ve K_f değerleri için oluşan alt AV gurubunda bile çok çeşitli değişimleri bilinmektedir [4]. Ayrıca diğer etken elemanlarla (lambalar, FET'ler) ve işlem yükselteçleriyle oluşturulan devreler de vardır. Şekil 1'de aynı yönlü transistörlerle yapılan, pratikte en çok kullanılan devre görülmektedir.



Şekil 1. Aynı yönlü transistörli astabl multi-vibratörün temel devresi (paralel puşpul devre): R_{v1} ve R_{v2} dirençleri çalışma ilkesi bakımından gerekli olmamakla beraber, pozitif toplayıcı çıkışlarının dik olmasını sağlarlar.

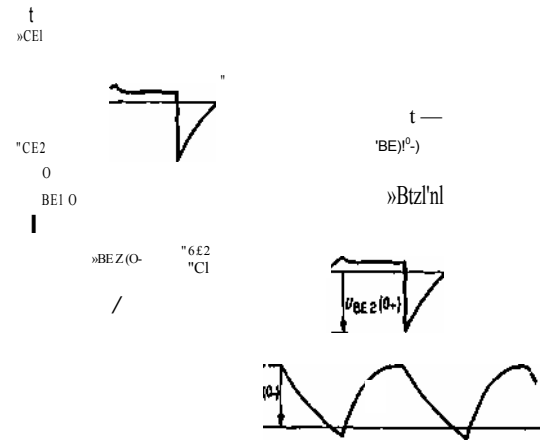
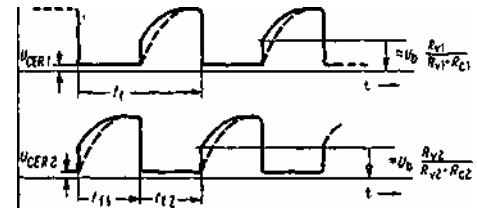
2.1 Çalışması, zaman değişimi :

Salınım periyodu $t_f = 1/f$ iki kısmi sürenin toplamıdır : $t_f = t_{f1} + t_{f2}$. t_{f1} süresi: Başlangıç durumunda : T_1 iletimde, C_1 , $U_{c1} = U_b - U_{BE2}$ değerine dolmuş, T_2 kesimde. t_{f1} süresini, üzerindeki U_{c1} gerilimi, başlangıç değerinden ters polariteye doğru giden C_1 kondansatörü belirler, 1 tarafı düşük artık gerilim U_{CE1} , ($< 300mV$) de değişmez kalırken, 2 tarafının ve dolayısıyla T_2 'nin potansiyeli sürekli kaynak gerilimi U_b 'ye yaklaşır. Bu sürece uygun olarak, AV'nin diğer yarısındaki C_2 kondansatörü arkadan gelen t_{f1} süresi için başlangıç değeri $U_{c2} = U_b - U_{BE1}$ 'e geri dolar. Geri dolma akım yolu, $U_b - R_{v2} - C_2 - R_{v1} - T_1$ 'in taban/yayıcı geçidi — $0V$ dir. Geri dolma, C_2 'nin t_{f1} 'in sonunda başlangıç değerine erişmiş olması için, C_2 'nin boşalmasından hızlı olmalıdır.

C_1 'in, U_{BE2} pozitif olmasına ve T_2 'nin toplayıcı gerilimi $0V$ 'ye doğru kaymasına, —negatif ke-

narın başlangıcı—, yetecek kadar dolmasıyla, t_{f1} süresinin son kısmı başlar. Bu gerilim değişimini C_2 , T_2 'nin tabanına aktarır, taban akımı düşer ve U_{CE1} toplayıcı gerilimi U_b 'ye doğru kayar, —pozitif kenarın başlangıcı—, C_1 , bu gerilim değişimini T_1 'nin tabanına aktarır; I_{B2} kuvvetlenir, böylece U_{CE2} daha çok $0V$ 'a yaklaşır. Bu yeniden U_{CE1} 'in yükselişini destekler, AV'nin iç geri beslemesinin kazancı 1 olana kadar sürer ve AV diğer konuma geçer. Böylece t_{f1} bitmiş olur.

t_{f2} süresi için de aynı süreç, bu kez rollerin değişimiyle oluşur. T_2 iletimde, J_1 kesimdedir. C_2 , bundan önce C_1 'in t_{f1} esnasındaki öte yana yüklenmesi olayında olduğu gibi, t_{f2} süresinin uzunluğunu belirler. Aynı şekilde C_1 buna uygun olarak, bundan sonra gelen t_f periyodunun t_{f1} süresi için başlangıcındaki ilk değerine yeniden dolar.



Şekil 2. Şekil 1'deki temel devreye göre süre diyagramı (A_1 ve A_2 çıkışları yüksüz halde): Kesikli çizgili U_{CEU} 'nin yatay pozitif toplayıcı çıkışları en ilkel temel devreye göre, yani R_{v1} ve R_{v2} için verilmişlerdir.

Şekil 2 oluşumun grafiğini vermektedir. Negatif toplayıcı çıkışları çok diktir. Toplayıcı akımlarının önce yavaş artmaları dolayısıyla, AV'nin iç geri beslemesi bu artışı hızlandırıncaya kadar başlangıçta yuvarlanma halleri görülür. Pozitif toplayıcı çıkışları da ilk kısımda (bir kaç $100mV$ kadar) biraz yuvarlakçadır, sonra dik bir gerilim yükselimiyle $U_{CE} = U_b - U_{BE}$ ye varırlar ve son kısımda, en son değer olan

U_b 'ye doğru yavaş bir artım gösterirler. Bu yatıklaşmanın nedeni C_j , C_2 'nin geri dolma akımlardır. U_{BE1} taban-yayıcı gerilimleri, kesim konumunda sürekli pozitifleşirler. En yüksek değerlere kısmi sürelerin sonunda, C_j , C_2 'nin aynı anda geri dolma durumları başlayınca varır. Görülen çıkıntı, yayıcı diyodları üzerinden akan dolma akımlarınca oluşur.

U_{c1} , t_{f1} esnasında yavaşça düşen ve C_1 'in geri dolması esnasında dik yükselen bölgeler gösterir. U_{C2} 'nin görünümü aynıdır, ancak bir kısmi süre kadar kayıktır.

2.2 Kısmi sürelerin ve geri dolma sürelerinin temel eşitlikleri:

Darbe tekniğiyle ilgili devrelerde zaman sabiteli e fonksiyonunun rolü büyüktür. Çoğunlukla testere dişi foksionu, örneğin vibratör devrelerinde olduğu gibi [5], bir e fonksiyonunun başlangıç kısmıdır. [6] ve [7]'de tek bir giriş gerilimli RC alçak ve yüksek geçirenlerdeki sonuçlar verilmektedir. Bundan başka RC devreli darbe devrelerinde çoğunlukla birçok gerilim kaynakları (bataryalar, diyod gerilimleri gibi) ve dağıtılmış dirençler vardır. Bu AV, MV, tetkikleme devreleri ve genellikle anahtarlama katları arasındaki RC kuplajları için geçerlidir. Bu tür oluşumlara darbe devrelerinde çok sık rastlandığından, hipotez ve çözümleme yolu AV nin kısmi ve geri dolma süreleri için yapılan hesaplamada gösterilecektir.

2.1'de bir t_f periyodu için anlatılan gelişim sürekli ve devre de doğrusal değildir. Doğrusal karakteristikli olmayan devrelerin hesaplanması için, gelişim; elemanların doğrusal davranışları gösterdikleri kısmi süreler bölünür. Her süre için başlangıç ve sondaki durumlar (çevre koşulları) bilinmelidir. Süre, örneğin bir sıçrama fonksiyonu (ideal anahtarlama hali) ile başlıyorsa, anahtarlama zamanının yeri özellikle tayin edilmelidir. Formül dilinde anahtarlama öncesi durumlar «—» endeksi ile, örneğin $t = 0_-$ veya $t = t_{A-}$ gibi, anahtarlama sonrası durumlar ise $t = 0_+$ olarak ayrılanırlar ve sembolün sonrasına parantez içinde süre tayini [8] getirilir, örneğin $U_{BE}(0_+)$ gibi. Anlamı, $t = 0_+$ zaman yerindeki (yani anahtarlama sonrası) U_{BE} 'dir.

2.2.1 t_{f1} ve t_{f2} kısmi süreleri :

Şekil 3 devrenin $t = 0_+$ 'daki durumunu vermektedir. C/in 1 tarafı U_{CE1} , (0_+) = U_{CER1} (= iyin açık konumundaki artık gerilimi) gerilim kaynağıdır. 2 tarafı R_{v1} , R_{B2} üzerinden U_b 'ye bağlıdır. R_{v1} , R_{B2} ve OV arasında aranılan U_{BE2} ge-

rilimi vardır. T_2 kesimde olduğundan taban-yayıcı direnci yaklaşık olarak sonsuzdur, ilk olarak $U_{c1}(t)$ zaman fonksiyonu hesaplanır. Bu tür RC devreleri için her zaman uygulanabilen aşağıdaki çözümlerle bir diferansiyel denklemin her seferinde yeniden çözümü gerekmeyecektir.

$$U_c(t) = U_c(\infty) +$$

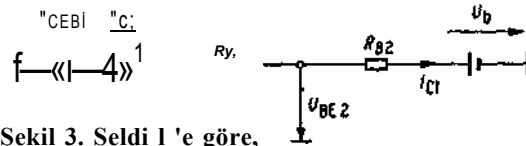
$$[U_c(0) - U_c(\infty)] \exp(-t/T) \quad (1)$$

eşitliği yazılabilir. Burada

$U_c(\infty)$: U_c 'nin $t \rightarrow \infty$ için yaklaştığı sürekli rejim değerini

$U_c(0)$: $t = 0_+$ için başlangıç değerini,

T = Zaman sabitesi = $(\Sigma R) \cdot C$ 'yi göstermektedir.



Şekil 3. Seldi I'e göre, T_z 'nin iletimde, T_z 'nin kesimde olması hali için astabil multivibratörün durumu. C/in geri dolması t_{f1} kısmi süresini belirler.

Şekil 3'te (Şekil 2'ye de bak.) :

$$CJ = U_{CER1} - U_b$$

$$U_c(0) = U_b - U_{BE2} < 0_- \quad (2)$$

$$T = (R_{v1} + R_{B2}) \cdot C = R \cdot C,$$

olduğundan, $U_{BE2}(t)$

$$U_{BE2}(t) = i_c W - R_{B2} + U_b \text{ den elde edilir.} \quad (3)$$

Kondansatör akımı $i_c = C \cdot dU_c/dt$ ile

$$= -[U_c(0) - U_c(\infty)] \exp(-t/T) \quad (4)$$

olur. Dolayısıyla

$$U_{BE2}(t) = -R [U_c(0) - U_c(\infty)] \exp(-t/T) + U_b \text{ olur.} \quad (5)$$

exp (•

Son eşitlik, t için çözümlenince

$$t = T \ln \frac{U_c(\infty) - U_c(0)}{U_c - U_c(t)}$$

$t = T, 1$

bulunur. Böylelikle t süresi herhangi $U_{BE2}(t)$ değerine göre hesaplanabilir. AV için, $U_{BE2}(t_{fl})$ 'in erişil diği t_{fl} kısmı süresi ilginçtir. (2)'deki değerlerin (6)'ya konmasıyla t_{fl} ,

$$= R, c,$$

$$\frac{U_b - U_{BE2} \ll U + U_b - U_c R R_1}{U_b - U_{BE2}(t_{fl})} \frac{1}{J} \quad (7)$$

olarak çözümlenir.

Bu eşitlik iki terimin toplamı biçiminde çözüme elverişlidir :

$$t_{fl} = R_1 C_1 \ln \left[2 \frac{R_{BE2}}{R_1} \right] + R_1 C_1 \ln \left[\frac{1 - (U_{BE2}(0_-) + U_{CER1}) 2U_b}{1 - U_{BE2}(t_{fl})/U_b} \right] \quad (8)$$

İlk terim t_f 'in büyük parçasını belirler ve ilk tasarım için kullanılır, ikinci terim ise sonraki daha doğru hesaplamalar ve parazitik etkilerin (gerilim ve ısı değişimleri gibi) araştırılması için önemlidir.

Ayrıca en yüksek kesim gerilimi $U_{BE2}(0_+)$ (5) eşitliğinden,

$$U_{BE2}(0_+) \ll - [U_b - U_{BE2} \quad (9)$$

olarak bulunabilir.

2.2.2 C_2 için geri dolma süresi ve t_{fl} esnasında U_{CE2} toplayıcı gerilimi:

«Şekil 4'teki bu durum için geçerli direnci $r_{b1} \ll R_{c2} + R_{C2}$ olduğundan bir ölçüde basitleştirilmiştir. Ayrıca bir yayıcı iç direnci de vardır. Şekil 2'de U_{BE12} 'de görülen çıkıntı da böylece sonuçta görülmez. Çevre koşulları aşağıdaki şekilde yazılır:

$$U_{C2}(0) = U_c - U_n \quad (OJ) \quad (10)$$

$$(oo) = U_b - U_{BE1}(OJ) = (R_{V2} + R_{C2}) \cdot c_2$$

C_2 'nin dolması için gerekli süre (1) eşitliği t için çözümlenerek bulunur:

$$t = T \ln \frac{U_c(\infty) - U_c(0)}{U_c - U_c(t)} = T \ln \frac{U_c(\infty) - U_c(0)}{AU_c} \quad (11)$$

Burada $AU_c, U_c(t)$ 'nin herhangi bir t zamanı için değeri ile, $U_c(\infty)$ son değeri arasındaki gerilim farkıdır. $U_c(\infty) - U_c(0)$ ise, geri dolmanın $t = 0$ başlangıcı ile $t = \infty$ bitimi arasındaki mümkün olabilen gerilim değişimidir. (9) eşitliği ile geri dolma süresi

ln

$$\frac{-U_{BE1} \ll M \sim UCUM - U_{BE1} \ll U}{-U_{BE1}(OJ - U_c(t))} \quad (12)$$

ve

$$t_{R2} \ll T_{jy} \ln \frac{U_b - U_c(t)}{J} \quad (13)$$

olur.

Burada $AU_c, U_c(t)$ 'nin herhangi bir t zamanı halinde geçerli olduğuna dikkat edilmelidir. A2 çıkışı yüklü ise, U_a, U_b 'ye değil, yalnızca $U_b - R_{C1} - I_{AZ} - U_{BE1}(0_+)$ değerine gelir. Böylelikle takip eden t_c kısmı süresi kısalmıştır. [9,10]'da yükün aynlmımı üzerine öneriler verilmiştir.

2.2.3 Geri dolma esnasında U_{CE2} toplayıcı gerilimi :

$$U_{CE2}(t) = U_b - R_a \cdot I_{C2}(t) \quad \text{olsun} \quad (14)$$

$$\text{devre taban } U_{CE2} \text{ durumunda } = U_b - R_r \cdot I_{C2}$$

$$U_b - U_{BE1}(0) - U_{CER2} \frac{t}{T_{R2}} \quad (15)$$

elde edilir.

Geri dolma zaman sabitesi $T_M = (R_{v2} + R_{C2}) C_2$ dir.

$$t = 0 \text{ da } U_{rR},$$

sıçramasını yapar.

2-3 V'lık bir gerilim sıçraması genellikle, daha sonraki devreleri tetiklemeye yeterlidir. $R^{\wedge} = 0$ olması halinde, U_{CE2} başlangıçtan beri (Şekil 2'de kesikli çizgiyle gösterildiği gibi) U_b 'ye ya-vaşça yaklaşacaktı. Darbe kenarlarının dikleş-tirilmesi için diğer tedbirler [9,10]'da verilmek-tedir. Hesaplamalarda AV'nin sondaki anahtar-laması ve kısmi sürelerin başlangıçları gözönü-ne alınmamıştır. Transistörler hızlan sınırlı ol-mayan anahtarlar olarak düşünülmüştür. Oysa transistörlerin iletimden kesime geçmeleri için bir kaç psn'ye varabilen sonlu bir süre var-dır [11].

3. TEMEL DEVRENİN İLK TASARIMI İÇİN BELİRLEYİCİ EŞİTLİKLER

3.1 t_f periyoda ve kısmi süreler :

(7) ve (18) eşitliklerine bunun için uygulamada daima rastlanan koşullar konur, örneğin

$$R_v \ll 0,05 \cdot R_B,$$

$$U_{BE} \ll U_b \text{ 'dir.}$$

Böylece

$$t_{f1} = 0,68 \cdot R_{B2} \cdot C_1 \ll R_{B2} \cdot C_1 \cdot \ln 2 \quad (16)$$

$$t_2 \Rightarrow 0,68 \cdot R_{B1} \cdot C_2 \ll R_{B1} \cdot C_2 \cdot \ln 2$$

$$t = t_1 + t_2$$

elde edilir.

a. Simetrik AV durumunda aşağıdaki eşitlikler yazılabilir :

$$t_{f1} = t_n, R_m = R_{B2} = R_B, C_1 = C_2 = C \\ = 1,36 \cdot R_B \cdot C \quad (17)$$

b. Değişmiyen tetikleme oranlı ve değişken frekanslı AV:

Kaba ayar : C_j, C_2 'nin birlikte, aynı yönlü deği simi uygundur. Tetikleme oranı $K_r = t_{f1}/t_2$ böy-lelikle değişmez.

nce ayar : R_{B1}, R_{B2} 'yi birlikte aynı yönlü, çiftli potansiyometre ile değiştirmek uygundur.

c. Değişken tetikleme oranlı ve değişmez fre-kanslı AV :

Bunun için R_{B1}, R_{B2} bir potansiyometre üzerinden bağlanır ve orta uç bataryanın U_b 'sine verilir. R_{B1}, R_{B2} birlikte, ancak karşıt yönlü değiştirilir. $R_{B1} + R_{B2}$ toplamı ve dolayısıyla t_f periyodu sabit kalır.

$$C_1 = C_2 = C \text{ ile}$$

$$t_f = 0,68 (R_{B1} + R_{B2}) \cdot C \quad (18)$$

ve tetikleme oranı

$$K_r = R_{B2}/R_{B1} \quad (19)$$

olur.

3.2 Geri dolma

süreleri t_R :

(13) eşitliğine göre $AU_C = 0$ olana kadar geç-mesi gereken süre, teorik olarak sonsuzdur. [9] 'a göre, $U_c/U_b = \% 0,5$ olması hali, geri dol-manın pratik olarak bitimi olarak kabul edile-bilir. Bunun için gerekli olan süre uygulama-daki geri dolma süresidir : Yani

$$t_R \ll 5 \cdot (R_{C1} \cdot C_1 + R_{C2} \cdot C_2) \quad (20)$$

olurlar.

Pozitif toplayıcı çıkışlarının sıçraması $0,5 U_b$ olması isteniyorsa,

$$R_1 \ll 10 R_{C1} \cdot C \text{ ve } 10 R_{C2} \cdot C$$

bulunur.

bulunur.

«tz

'C2

Şekil 4. Şekil 1'deki durum: Devre Cj'nin t_f ile birlikte olan geri dolmasını (t_0 geri dolma süresi) gösterir.

C_1 'in geri dolma süresi aynı zamanda C_2 tara-fından belirlenen t_{f2} kısmi süresi olur ve bu-nun tersi de C_2 için geçerlidir. Yani

$$t_{f1} = t_{f2} \text{ ve } t_n = t_{f1} \text{ 'dir.}$$

Buradan (16) eşitliği ile aşağıdaki koşullar elde edilir:

$$R_{C1}/R_{B1} = 0.068 \cdot C_2/C_1 \cdot R^{1/R_{B1}} = 0,068 \cdot C_2/C_1 \quad (22)$$

3.3 Statik belirleme:

Monostabil multivibratördeki kurallar AV için de geçerlidir [9]. Ancak bunlar AV için her iki yarıya da uygulanmalıdır.

Yaklaşık değerler aşağıdaki şekilde bulunabilir :

$$\begin{aligned} R_{B1}/R_{C1} &= (0.4 - 0.8) B_1/m_1 \\ R_{B2}/R_{C2} &= (0.4 - 0.8) B_2/m_2 \end{aligned} \quad (23)$$

burada

B_1, B_2 ; T_1, T_2 'nin doğru akım kazançlarını, n_1, n_2 aşın sürme katsayılarını belirtmektedir.

T_1 ve T_2 'nin yeterince aşırı sürülebilmeleri, ÜÇERİ 2^{am} tük gerilimlerinin yeterince küçük olabilmeleri ve emniyetli çalışmanın sağlanabilmesi için, $m \gg 5$ olarak alınır. Başta A_1, A_2 çıkışlarının önemsiz ölçüde yüklendikleri kabul edilirse, yani $(U_b/R_c \ll I_A)$ olursa,

$$= 4/B_t \text{ ve} \quad (24)$$

olur. örneğin $B_{j2} = 200$ için $R_c = 0,02 R_B$ bulunur.

3.4 AV'deki kabul edilebilir simetrisizlik ve elde edilebilir tetikleme oranları:

Değerlerin belirlenmesinde aynı anda hem (22)'deki süre koşulları hem de (24)'teki statik koşullar yerine getirilmelidir.

a. Kondansatörlerin kabul edilebilir simetrisizlikleri

$$C_2/C_1 = 60/B_1, \text{ ve } C_1/C_2 = 60/B_2 \quad (25)$$

$$\begin{aligned} 60 \\ B_1, \quad 60 \\ C_1/C_2 = \end{aligned} \quad (26)$$

olarak belirlenebilir.

b. Elde edilebilir tetikleme oranı K_f ise,

$R_{B1} = R_{B2}$ ile (16) eşitliğine göre

$$\begin{aligned} 60 \quad B_1 \\ B_2, \quad 60 \end{aligned} \quad (27) \text{ dir.}$$

R_{B1} -f R_{B2} toplamı, C_1, C_2 ve dolayısıyla frekans sabit kaldığı takdirde, K_f tetikleme oranının, R_{B1} ve R_{B2} 'nin karşıt yönlü değişimiyle değiştirilebileceği (3.1.) bölümünde gösterilmişti. $C_1 = C_2$ için (19), (22), (24) ile kabul edilebilir bölge

$$K_f = \frac{60}{60} \quad (28)$$

olur. $B_1 = B_2 = 200$ ve $R_{C1} = R_{C2}$

için

$$K_f = 0,3 \dots 3,3$$

bulunur.

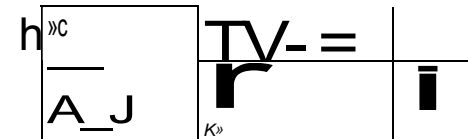
Bunun büyütülebilmesi için B_1, B_2 büyütülmesi, örneğin T_1, T_2 darlington katı olarak düzenlenmelidir.

c. AV'nin frekansı, sabit tetikleme oranında, R_{B1}, R_{B2} 'nin hassas aynı yönlü değişimiyle değiştirilmek istenirse, elde edilebilir ayar bölgesi için statik koşullar (24) göz önüne alınmalıdır. Burada da akım kazançları, alanı sınırlamaktadırlar. [3,4]'te bunun üzerine yapılabilecek düzeltimler yer almaktadır.

3.5 Kısmi sürelerin ve frekansın sabitliği :

Kısmi süreler için monostabil multivibratörlerde darbe süresinin değişmezliği üzerine olan sonuçlar geçerlidir [9,10]. Orada verilmiş olan düzeltimler AV'ye de uygulanabilirler. Sonuç olarak çoğunlukla tetikleme oranının sabitliği, AV'nin frekansının sabitliğinden daha iyidir.

4. İŞLEM YÜKSELTEÇLİ AV



Şekil 5. İşlem yükselteçli astabil multivibratörün devresi: Kesikli çizgili verilen elemanlar, kısmi sürelerin ve frekansın sabitliğini sağlarlar.

Şekil 5'deki devre, en uygun şekilde köşegen gerilimi sıfır olduğu zaman, yükselteç girişinin, kollarında R_1, R_2 ve C_1, R_3 'ün bulunduğu bir köprü olarak kabullenebiliriz Köprünün besleme gerilimi, yükseltecin çıkış gerilimidir. Bunun iki sınır değeri vardır: U_{A-} ve U_{A+} . $U_1 > U_C$ ise çıkışta U_{A+} vardır. C kondansatörü böyle-

hkle R_3 üzerinden U_{A+} 'ya dolar. $U_c = U_{A+} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$ durumuna gelince, (köprünün köşegen gerilimi sıfır olur) çıkış gerilimi diğer sınır değeri U_{A-} 'ye geri dönüşür ve C şimdi U_{A-} 'ye doğru dolar. Yükselteç, $U_c = U_{A-} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$ olunca yeniden konum değiştirir. Bu t_{f1} kısmi süresinin aşağıdaki hesaplanması için alınacak $U_c(0)$ başlangıç gerilimidir.

t_{f1} kısmi süresi : Bu, uzun boylu karmaşık hesaplamaya gerek olmadan, çevre koşullarının doğrudan genel geçerli (11) eşitliğine konulmasıyla bulunabilir. Çevre koşulları :

$$+ R_2)$$

$$U_c(0) = U_{A-} \cdot R_1 / U_c$$

$$(0) = U_{A+} \text{ dir.}$$

Konum değiştirme yeri (t_{f1} 'in sonu) :

$$U_c(t_{f1}) = U_{A+} \cdot R_1 / (R_1 + R_2) \text{ olur.}$$

$$\text{Zaman sabitesi : } T = R_3 \cdot C$$

Sonuç olarak

$$\ln \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \quad A+$$

elde edilir. (29)

Örneğin $U_{A-} = -5V$, $U_{A+} = 10V$, $R_1 = 2R_2$ ve $T = 1ms$

ile

$$t_{f1} = 1 \text{ ms} \ln(3+1) = 1,39 \text{ ms} \text{ bulunur.}$$

t_{f2} kısmi süresi :

Çevre koşulları :

$$U_c(0) = U_c(t_{f1}) = U_{A-} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$U_c = U_{A-}$$

Konum değiştirme yeri :

$$U_c(t_{f2}) = U_{A-} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

t_{f1} esnasındaki zaman sabitesi ile sonuç :

$$\ln \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) \quad (30)$$

$U_{A-} = -U_{A+}$ ile

$$t_{f1} = t_{f2} = T \cdot \ln(1 + 2R_1/R_2) \quad (31)$$

bulunur.

Frekans için de

$$f = 1 / (t_{f1} + t_{f2}) = 0,5 / T \text{ .in}$$

elde edilir.

$$(32)$$

R_1, R_2 gerilim bölücü olarak (potansiyometre), yükseltecin (+) girişine orta uçtan verilirse, $t_{f1, j}$ ve f hassas ölçülerle değiştirilebilirler. Kısmi sürelerin ve frekansın sabitliği için, çıkış gerilimlerinin sabitliği koşulu ön planda gelir. Bunun için Şekil 5'te kesikli çizgi ile verilen zener diyodları konulabilirler, ön direnç (yaklaşık 1-10 kn arası) zener akımlarını sınırlar.

KAYNAKLAR

1. Speiser, A. U.; "Impulsschaltungen", Springer-Verlag 1963.
2. Henkel, L.; "Elektronischer Einfach- und Doppelblinkgeber für Kraftfahrzeuge", Elektronik 1967, H. 7, S. 203. 205.
3. Karger, H. ve Wening, G.; "Ein Multivibrator für Fernmesszwecke", Elektronik 1966, H. 11, S. 337. 340.
4. Stearmann, G. H.; "Transistor Astable Multivibrators for General Purpose Logic Elements", Electronic Engineering, Bd. 37 (Dez. 1965), S. 812 817.
5. Klein, P. E; "Kippgeneratoren", Elektronik 1968, H. 10, S. 317...318.
6. Elektronik - Arbeitsblatt "Zeitkonstante und Grenzfrequenz von RC-Gliedern", Elektronik 1966, H. 9, S. 262'nin arkası.
7. Elektronik - Arbeitsblatt Nr. 8; "Zeitkonstante - Grenzfrequenz, Verformung von Impulsen", Elektronik 1966, H. 9, S. 294'in arkası.
8. Kuo, F. F.; "Network Analysis and Synthesis", John Wiley & Sons. Inc. 2 Baskı 1966, Kap. 2.
9. Elektronik - Arbeitsblatt Nr. 56; "Der monostabile Multivibrator", Elektronik 1971, H. 4, S. 147. 150.
10. Busse, G.; "Genauer monostabiler Multivibrator mit Komplementär-Transistoren", Radio-Mentor, Bd. 35 (1969), H. 8, S. 545... 548.
11. Rem, H. M.; "Der Umschaltvorgang bei Transistor - Kippstufen, Teil I: Die astabile Kippstufe", A. E. Ü., 19 (1965), H. 8, S. 411 .. 423.
12. Limann, O.; "Elektronisch gesteuerte Scheibenwischerschalter", Elektronik 1970, H. 6, S. 191 .194.