



Deney 7: Osilatör Devreleri

1 Amaç

1. RC faz kaydırmalı ve Wien köprü osilatörlerinin çalışmasını anlamak.
2. RC faz kaydırmalı ve Wien köprü osilatörlerini kullanarak sinüzoidal sinyal üretmek.
3. Kristal osilatör devresinin çalışma prensibini anlamak.
4. Kristal osilatörün frekansını ve çıkış dalga şeklini ölçmek.

2 Ön Hazırlık Soruları

1. Sinüzoidal osilasyon için gerekli şartları ve Barkhausen kriterini yazınız. Kriterdeki β ve A nelerdir?
2. Üç katlı RC faz kaydırmalı osilatörde ($R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$, Şekil 7-6'da) osilasyon frekansını hesaplayınız. Osilasyonun başlaması için R_f/R_1 oranı ne olmalıdır? $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ için R_f kaç $\text{k}\Omega$ olmalıdır?
3. Wien köprü osilatöründe ($R = 47 \text{ k}\Omega$, $C = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$, Şekil 7-8'de) osilasyon frekansını hesaplayınız. Kazancın 3 olması için negatif geri besleme ağındaki dirençler arasında nasıl bir ilişki olmalıdır?
4. RC faz kaydırmalı osilatörde üç katlı RC ağı neden 180° faz kayması sağlar? Yükseltcin kazancı gereken den büyük ya da küçük olursa çıkışta ne gözlenir?
5. Kuvartz kristalin seri ve paralel rezonans frekansları nasıl tanımlanır? Kristal osilatörün frekansı neden devrenin geri kalanına değil kristale bağlıdır? 32768 Hz'lik kristalle çalışan ve 14 kademeli bölücüsü bulunan CD4060 devresinde OUT çıkışında hangi frekans beklenir?

3 Temel Kavramlar

3.1 Sinüzoidal Osilasyon Koşulları

Sinüzoidal osilasyon için gerekli şartlar şunlardır:

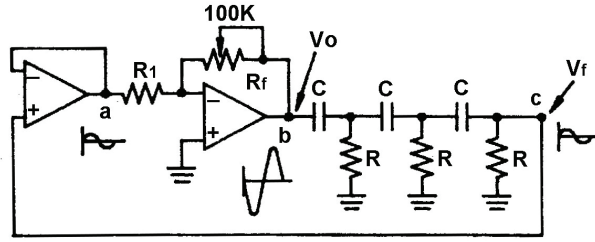
1. Pozitif geri besleme.
2. $-\beta A = 1$. Burada β geri besleme faktörünü, A ise yükseltme faktörünü ifade eder. Bu şart, Barkhausen kriteri olarak bilinir.

3.2 RC Faz Kaydırmalı Osilatör

Şekil 7-1'de gösterildiği gibi, RC faz kaydırmalı osilatör, belirli bir frekansta R ve C'den oluşan üç katlı faz kaydırma ağının 180° 'lik faz farkından yararlanır. Operasyonel yükseltcin (OPAMP) evrilmiş çıkış sinyaline bağlı olarak toplam faz farkı sıfır olur. a, b ve c noktalarındaki dalga şekillerinin faz ilişkisi Şekil 7-1'de gösterilmiştir. Bu koşullar altında, eğer yükseltme $-\beta A = 1$ olacak kadar büyükse, osilasyon üretilebilir.

$$-\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{1}{1 - 5\alpha^2 - j(6\alpha - \alpha^3)} \quad (7-1)$$

Burada $\alpha = \frac{1}{\omega RC}$, V_f geri besleme gerilimi ve V_o çıkış gerilimidir.



Şekil 7-1. Faz ilerlemeli RC faz kaydırmalı osilatör.

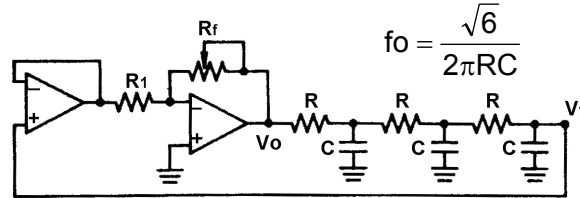
Faz farkının sıfır olması için (7-1) ifadesinin sanal kısmı sıfır olmalıdır ($\alpha^2 = 6$). Buna bağlı olarak osilasyon frekansı aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

$$-\beta = \frac{1}{1 - 5 \times 6} = -\frac{1}{29}$$

$$-\beta A = 1 \therefore A = -29 = -\frac{R_f}{R_1}, \quad R_f = 29 R_1$$

Şekil 7-2'de faz gecikmeli RC faz kaydırmalı osilatör devresi ve osilasyon frekansı gösterilmektedir. Devreye ek bir gerilim izleyici bağlandığı için, RC faz kaydırma ağının çalışması yükselteç devresinden bağımsızdır.



Şekil 7-2. Faz gecikmeli RC faz kaydırmalı osilatör.

3.3 Wien Köprü Osilatörü

Şekil 7-3'te gösterildiği gibi, negatif geri besleme ağı olarak dengeli bir köprü kullanan osilatör, Wien köprü osilatörü olarak adlandırılır. Yukarıda anlatılan faz kaydırmalı osilatör ile karşılaştırıldığında, Wien köprü osilatörü daha iyi sinüzoidal dalga şekli tepkisine sahiptir. Bu devre iki geri besleme ağına sahiptir:

1. Z_1 ve Z_2 'den oluşan pozitif geri besleme ağı, osilasyon frekansını belirler.
2. R_1 ve R_2 'den oluşan negatif geri besleme ağı, osilasyon genliğini belirler.

$$\beta = -\frac{V_f}{V_o} = -\frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}, \quad A = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

$$-\beta A = \frac{\alpha}{3\alpha - j(1 - \alpha^2)} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (7-2)$$

Burada $\alpha = \omega RC$ 'dir.

Barkhausen kriterine göre, devrede sıfır faz kayması ve tamamen dirençsel geri besleme ağına sahip pozitif geri besleme bulunmalıdır. (7-2) ifadesinin sanal kısmının sıfır olması için:

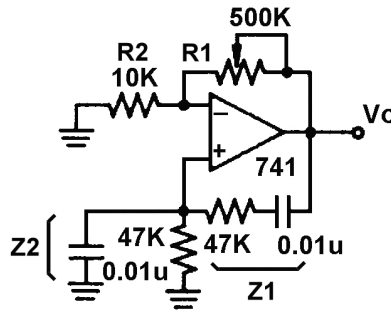
$$1 - \alpha^2 = 0 \Rightarrow \alpha = 1, \quad \alpha = \omega RC = 1 \therefore 2\pi f_o RC = 1$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

Osilasyonu sürdürmek için $-\beta A = 1$ olmalıdır. $\alpha = 1$ iken:

$$-\beta A = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = 1$$

$$-\beta = \frac{1}{3}, \quad \text{dolayısıyla} \quad A = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 3$$



Şekil 7-3. Wien köprü osilatörü.

3.4 Kristal Osilatör

Genellikle kuvartztan yapılan ve uygun şekilde kesilmiş olan bir piezoelektrik kristal tabakaya basınç uygulanırsa, tabaka boyunca elektromanyetik kuvvet üretilir. Tersine, uygulanan elektromanyetik kuvvet bir basınç üretir. Kuvartz, radyo frekansında çalışmak için en uygun özelliklere sahiptir. Yüksek mekanik dayanıklılığa, yüksek Q'ya, düşük sıcaklık duyarlılığına ve yüksek elektriksel kararlılığa sahiptir. Rezonans frekansı ve Q faktörü, kristal boyutlarına, eksenlerine göre yüzeylerin yönelimine ve elemanın nasıl takıldığına bağlıdır.

Şekil 7-4'te gösterilen kuvartz kristali, uygun bir şekilde kesilip topraklandığı zaman, yüksek Q faktörlü paralel rezonans devresi gibi davranır ve çoğu uygulamada tank devresi olarak kullanılabilir. Kuvartz kristal aynı zamanda, kristal filtrelerde sıkça kullanılan seri rezonansa da sahiptir. Kuvartzın temel kullanım alanları, osilatörler ve filtre devreleridir. Elektriksel bağlantılar, kristalin karşılıklı yüzeylerine metalik kaplama yerleştirilerek sağlanır. Kristal çok kırılkan olduğu için, özel bir tutacakla monte edilmelidir.

Kristalin elektriksel eşdeğer devresi Şekil 7-4'te (b) ile gösterilmiştir. L_m endüktansı, C_m kondansatörü ve R_m direnci sırasıyla, mekanik sistemlerdeki kütle, uyumluluk (ters yay sabiti) ve viskoz sönüm sabitinin karşılığıdır. C_o , bir yalıtkan olan kristal ile elektrotlar arasındaki elektrostatik kapasiteyi ifade etmektedir ve genliği C_m 'den çok daha büyüktür.

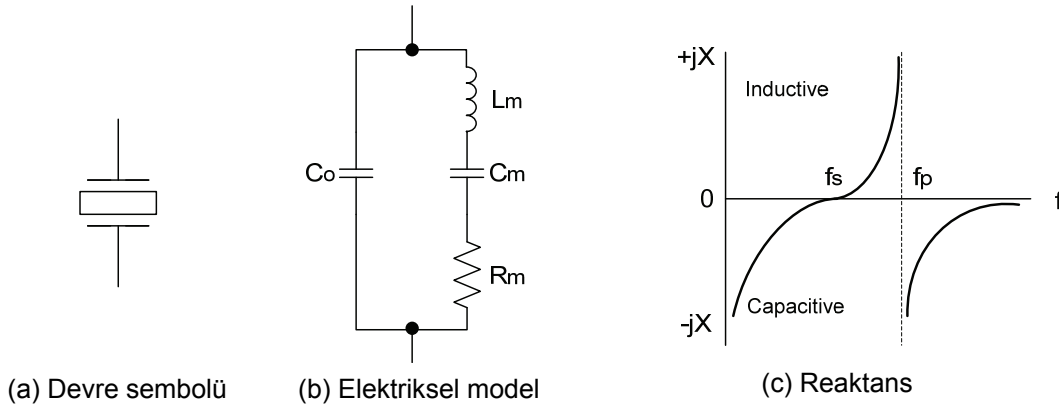
Şekil 7-4'te (c) kristalin reaktans grafiğini göstermektedir. f_S 'deki geçiş, L_m ve C_m 'nin seri rezonansıdır. Seri rezonans frekansı (sıfır empedans frekansı) şu şekilde ifade edilir:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_m C_m}} \quad (7-3)$$

Biraz daha yüksek f_p frekansında, paralel rezonans ya da anti-rezonans durum mevcuttur. Paralel rezonans frekansı (sonsuz empedans frekansı) şu şekilde ifade edilir:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_m C}} \quad (7-4)$$

Burada $C = \frac{C_m C_o}{C_m + C_o}$ 'dır. O halde bant genişliği $f_p - f_s$ 'dir. $f_s < f < f_p$ için reaktans endüktifken, bu aralığın dışında ise kapasitiftir.



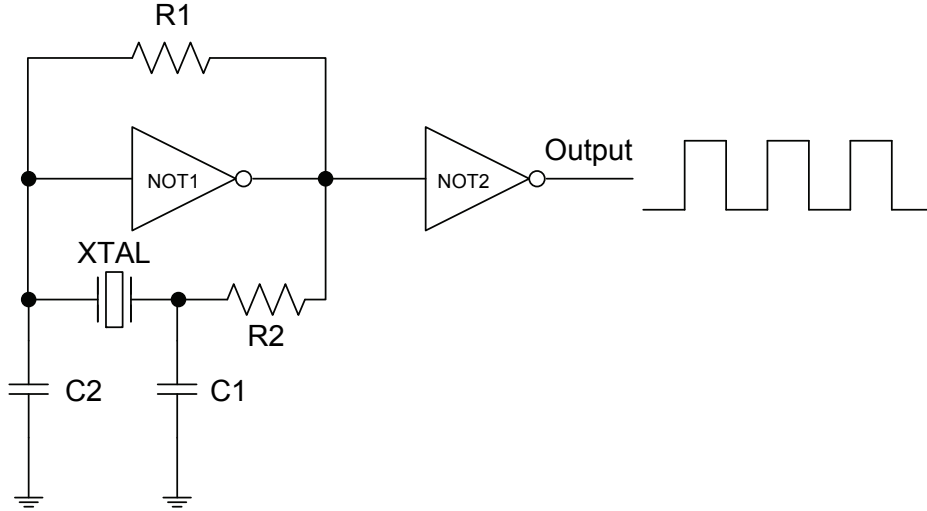
Şekil 7-4. Kuvartz kristal.

(a) Devre sembolü, (b) Elektriksel model, (c) Reaktans.

$C_o \gg C_m$ olduğu için, $f_s \approx f_p$ 'dir. Bu nedenle kristal osilatör devresi, f_s ve f_p arasında yer alan fakat paralel rezonans değerine yakın bir frekansta osilasyon yapar. $f_s \approx f_p$ olduğu için, osilatör frekansı aslında devrenin geri kalanı tarafından değil kristal tarafından belirlenmektedir.

Osilatör uygulamalarında, bir sinüzoidal sinyal ya da kare dalga osilatörü, uygun kazanca ve pozitif geri besleme çevriminde kristale sahip olan bir yükselteç kullanılarak gerçekleştirilebilir. Şekil 7-5'te bir CMOS kristal osilatörü gösterilmiştir.

Bu osilatör devresinde NOT1 eviricisi, yükselteç olarak çalışacak şekilde doğrusal bölgesinde öngerilimlenmiştir. Kristal içeren pi ağı, çıkıştan girişe bağlanmıştır. Eleman değerleri, kapının çıkışından girişine 180°'lik faz dönmesi oluşacak ve yükselteç kazancından daha küçük bir kayıp olacak şekilde seçilmelidir. NOT2 çıkış tamponu, tam genlikli kare dalga çıkış vermek için kullanılır.



Şekil 7-5. CMOS kristal osilatör.

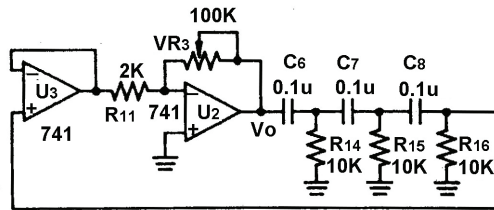
4 Gerekli Ekipmanlar

- KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneği
- KL-25010 İşlemsel Yükselteç Devre Modülü (5) (RC faz kaydırmalı ve Wien köprü osilatörleri)
- KL-25009 İşlemsel Yükselteç Devre Modülü (4) (kristal osilatör)
- Osiloskop

5 Deneyin Yapılışı

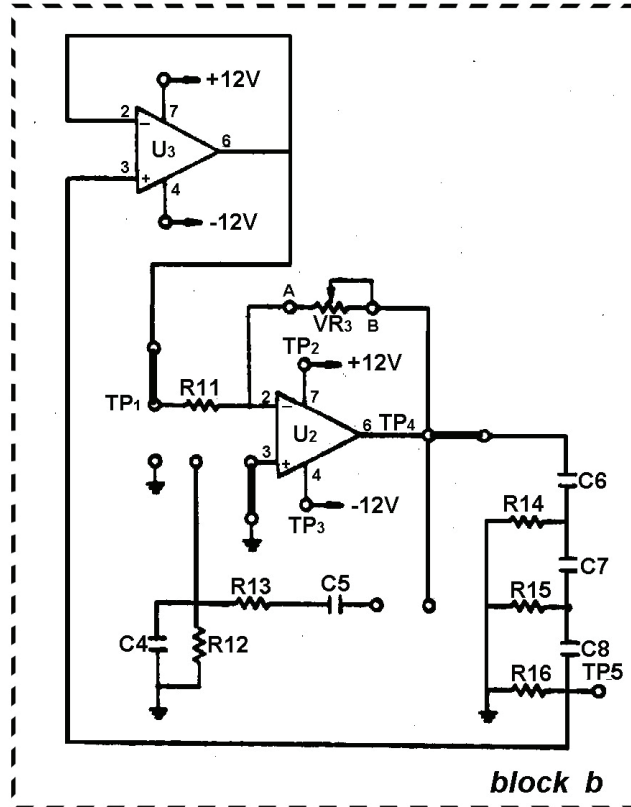
5.1 RC Faz Kaydırmalı Osilatör

1. KL-25010 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneğinin üzerine koyun ve b bloğunu belirleyin. Şekil 7-6'daki devre ve Şekil 7-7'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Bağlantı kablolarını kullanarak VR3'ü devreye bağlayın.



Şekil 7-6. RC faz kaydırmalı osilatör.

2. KL-22001 Düzeneğindeki +12VDC ve -12VDC sabit güç kaynaklarını KL-25010 modülüne bağlayın.
3. Osiloskop kullanarak TP1, TP4 (V_o) ve TP5 uçlarındaki gerilim dalga şekillerini ölçün ve Tablo 7-1'e kaydedin. Birbirleri ile olan faz ilişkilerini karşılaştırın.
 - (1) V_{TP1} ve V_{TP4} arasındaki faz farkı: _____
 - (2) V_{TP4} ve V_{TP5} arasındaki faz farkı: _____
 - (3) V_{TP1} ve V_{TP5} arasındaki faz farkı: _____



Şekil 7-7. Bağlantı diyagramı (KL-25010 blok b).

Sonuç

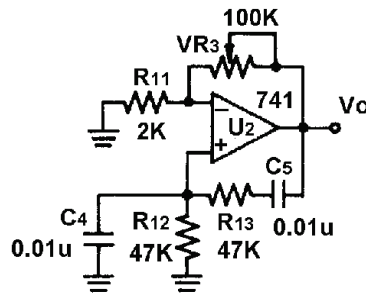
RC faz kaydırmalı osilatör, 3 katlı RC ağının sebep olduğu 180° 'lik faz kaymasından yararlanır, ancak aynı zamanda sinyal seviyesinin zayıflamasına da sebep olur. $-\beta A = 1$ durumunu sürdürmek için yükseltme katsayısı, VR3 dikkatlice ayarlanarak uyarlanmalıdır; aksi takdirde bu devre distorsiyona ya da osilasyonun sona ermesine neden olur.

Tablo 7-1. Ölçülen gerilim dalga şekilleri.

Ölçüm noktası	Dalga şekli
V_{TP1}	
V_{TP4} (OUT)	
V_{TP5}	

5.2 Wien Köprü Osilatörü

- Şekil 7-8'deki devre ve Şekil 7-9'daki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Bağlantı kablolarını kullanarak VR3'ü devreye bağlayın.

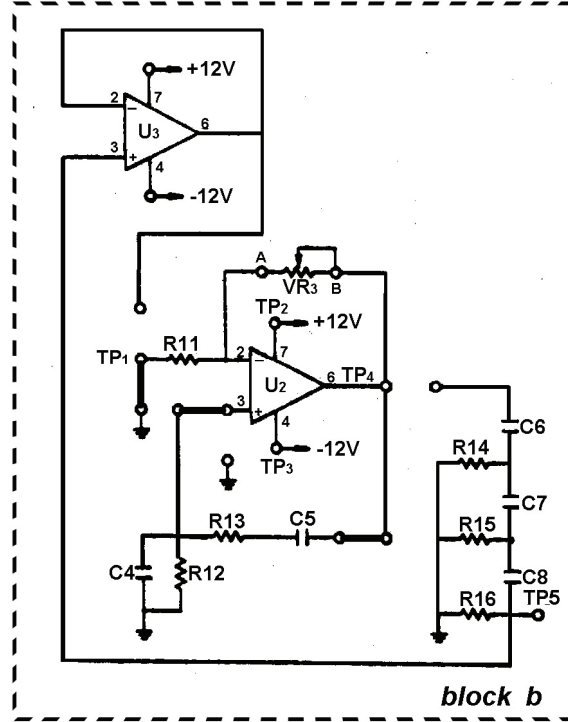


Şekil 7-8. Wien köprü osilatör devresi.

- KL-22001 Düzenegindeki +12VDC ve -12VDC sabit güç kaynaklarını KL-25010 modülüne bağlayın.
- Osiloskop kullanarak TP4 (V_o) gerilim dalga şeklini ölçün ve Tablo 7-2'ye kaydedin.

Sonuç

Wien köprü osilatörü tarafından üretilen sinüzoidal sinyal, RC faz kaydırmalı osilatöre göre daha kararlıdır.



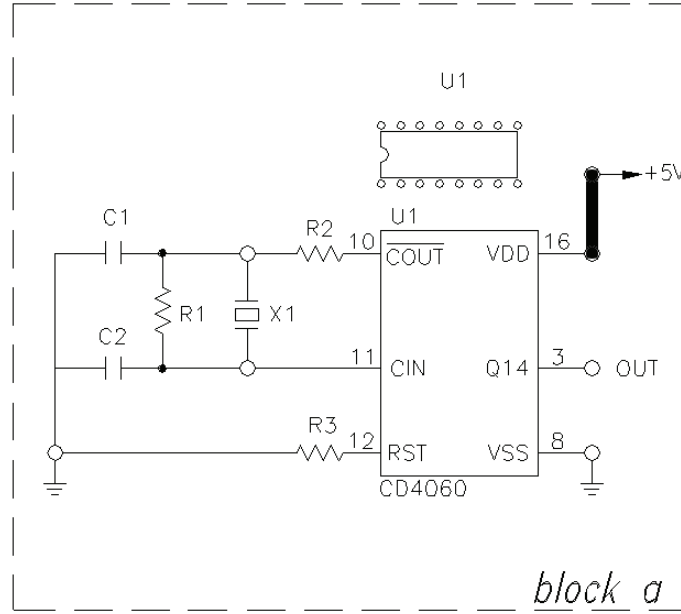
Şekil 7-9. Bağlantı diyagramı (KL-25010 blok b).

Tablo 7-2. Ölçülen osilatör çıkışı.

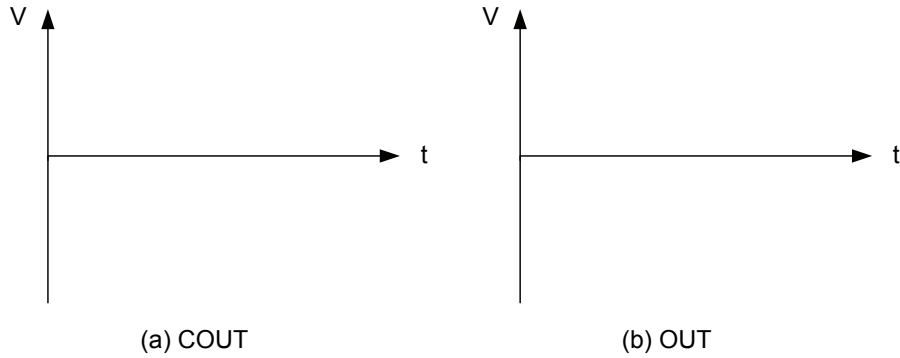
Ölçüm noktası	Dalga şekli
V_O (TP4)	

5.3 Kristal Osilatör

1. KL-25009 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneklerinin üzerine koyun ve a bloğunu belirleyin. Şekil 7-10'daki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın.
2. KL-22001 Düzenekindeki +5VDC sabit güç kaynağını KL-25009 modülüne bağlayın.
3. Osiloskop kullanarak COUT ucundaki (CD4060 pin 10) gerilim dalga şeklini ölçün ve Şekil 7-11'e (a) olarak kaydedin. Osilasyon frekansı = _____ Hz'dir.
4. Osiloskop kullanarak OUT ucundaki (CD4060 pin 3) gerilim dalga şeklini ölçün ve Şekil 7-11'e (b) olarak kaydedin. Osilasyon frekansı = _____ Hz'dir.



Şekil 7-10. Bağlantı diyagramı (KL-25009 blok a).



Şekil 7-11. Kristal osilatör için ölçülen gerilim dalga şekilleri.
(a) COUT, (b) OUT.

Sonuç

CMOS kristal osilatör devresi, 32768 Hz'lik kristal ve CD4060, 14 kademeli (16384'e bölünmüş) dahili osilatörlü ikili dalgacık (ripple) sayıcı içermektedir. Dahili osilatör devresi, Şekil 7-5'teki osilatör ile benzerdir. Bundan dolayı, osilatör çıkışında (COUT) 32768 Hz'lik bir kare dalga ve sayıcı çıkışında (OUT), $32768 \text{ Hz} / 16384 = 2 \text{ Hz}$ olduğu için, 2 Hz'lik bir kare dalga olmalıdır.

6 Deney Sonu Soruları

1. RC faz kaydırmalı osilatörde ölçtüğünüz TP1, TP4 ve TP5 gerilimleri arasındaki faz farklarını açıklayınız. Toplam faz kayması neden sıfırdır?
2. Her iki osilatör için ölçtüğünüz frekansı teorik değerle karşılaştırınız; fark varsa olası nedenlerini yazınız.
3. RC faz kaydırmalı ve Wien köprü osilatörlerinin çıkış dalga şekillerini kararlılık ve bozunum açısından karşılaştırınız.
4. CD4060 devresinde COUT ve OUT çıkışlarında ölçtüğünüz frekanslar arasındaki oranı açıklayınız.