

通信電子電路

目 錄

原 序

第一章 共振電路

串聯共振電路	1
電壓上升為 Q 倍	3
頻率的影響	3
電路電阻的影響	4
L/C 比值的影響	5
共振電路的增益	7
頻帶寬	7
一般的響應曲線	9
並聯共振電路	10
共振	10
並聯電路阻抗	11
環流	12
頻率的影響	12
串聯電阻的影響	14
L/C 比值的影響	14
增益及頻帶寬	15
分流電阻的影響	15
習題 I	17
習題 II	20
習題 III	22

第二章 耦合電路

耦合種類	23
共電阻耦合	23
共電感耦合	23
共電容耦合	24
互感耦合	24
鏈耦合	25
混合耦合	25
電感耦合	26
次級感應電壓	26
反射阻抗	27
反射阻抗的特性	28
非調諧初級調諧次級電路	30
耦合的影響	31
調諧初級調諧次級電路	32
雙調諧電路的頻帶寬	34
Q 值對耦合程度的影響	34
射頻濾波器電路	36
濾波器的電路值	38
耦合電路的阻抗匹配	39
直接耦合	39
電感耦合，串聯可調負載	41
電容耦合，分流可調負載	42
π 型網路阻抗匹配	42
習題 I	44
習題 II	47
習題 III	49

第三章 射頻電壓 (或小信號) 放大器

阻抗耦合射頻放大器	50
增益及等效電路	52
頻帶寬	55
多級的頻率響應	55
搖擺調諧	57
隔離	58
單調諧變壓器耦合射頻放大器	58
增益	59
雙調諧變壓器耦合射頻放大器	60
頻帶寬	61
增益	62
中和作用	63
雙向電晶體射頻放大器電路	64
高頻電路	64
積體電路	65
習題 I	67
習題 II	69
習題 III	71

第四章 射頻功率放大器

真空管丙類放大器	72
電壓及電流之間的關係	72
定義	73
效率及導電角度	74
柵極偏壓電路	76
柵極激發因素	77
屏極偏壓	78
儲能電路	79
L 及 C 值的選擇	80
耦合方式	81

並聯真空管	82
推挽式真空管電路	82
丙類放大器的中和作用	83
中和電路	83
中和方法	84
寄生振盪	84
調諧調整	86
倍頻器	88
高效率諧波共振放大器	89
乙類線性放大器	89
杜享悌 (Doherty) 高效率 放大器	90
電晶體射頻功率放大器	91
電晶體偏壓	91
設計上的考慮	92
中和作用	93
典型的電路	93
電壓變容倍頻器	96
習題 I	96
習題 II	104
習題 III	108

第五章 射頻振盪器

一般的考慮	111
儲能電路的作用	111
等幅波	113
分析 L-C 電路	113
基本要素	113
基本振盪器電路	113
阿姆斯壯振盪器	114
閘極漏電偏壓	115
分流與串聯饋入電路	115
雙向電晶體阿姆斯壯振盪器	116

哈特萊振盪器	116	多柵管屏極調制器	143
柯爾畢茲振盪器	118	其他調制電路	146
超三極管振盪器	119	柵極偏壓調制	146
克拉普振盪器	120	遏止柵極調制	148
調諧輸入調諧輸出振盪器	120	簾柵極調制	148
振盪頻率	120	陰極調制	148
振盪器的穩定度	121	電晶體調制器	149
晶體振盪器	122	集極調制	149
晶體切割	122	基極調制	150
溫度的影響	124	射極調制	151
電氣特性	124	測試	151
晶體激發	125	示波器測試	151
調諧輸出晶體輸入振盪器	125	屏極、集極及天線電流的指	
比爾斯振盪器	125	示結果	152
雙向電晶體晶體振盪器	126	基本發射機	153
阿姆斯特壯晶體振盪器	126	高調制度	153
克拉普晶體振盪器	126	低調制度	154
習題 I	127	等幅波發射機	154
習題 II	129	鍵式設備	154
習題 III	130	鍵式電路	156
		音頻調制鍵式電路	158
		頻移鍵式電路	158
		習題 I	159
		習題 II	163
		習題 III	166
第六章 調幅發射機			
調幅波的分析	133	第七章 調幅波的解調	
調制信號的影響	133	基本原理	171
調制百分比	134	二極體檢波器	172
調幅波的頻率	136	基本電路	172
向量表示法	137	設計上的考慮	173
旁波帶	138	濾波器電路的改進	177
調幅波功率的分配	138	其他調幅檢波器	177
屏極調制	140		
基本原理	141		
漢森調制	142		
屏極調制電路	143		

電晶體檢波器	178
外差檢波器	178
習題 I	179
習題 II	182
習題 III	183

第八章 調幅接收機

接收機的比較因素	184
靈敏度	184
選擇度	185
傳真度	185
雜音指數	185
調諧射頻接收機	187
超外差式接收機	189
方塊圖	189
變頻	190
變頻電路	191
振盪器追跡	194
電子調諧	195
像頻	196
中週值的選擇	196
中週放大器電路	198
自動增益控制	202
雙向電晶體 AGC 電路	205
超外差式調諧器電路	208
接收機調整	208
所需的儀器	208
共用方法	211
以固定頻率方法調整中週	211
以掃描頻率方法調整中週	212
前級調整	213
習題 I	215
習題 II	221

習題 III	223
--------	-----

第九章 調頻

調頻原理	226
輸入信號對載波的影響	226
調制度	228
調頻波	228
調頻波的功率	229
所需的頻帶寬	231
以相位移間接完成調頻	232
雜音抑制	233
商用接收機電路	235
調諧器	235
射頻放大器	236
混頻器(或換頻器)	237
中週放大器	237
限制器	237
甄別器	239
比率檢波器	241
自動頻率控制	242
半導體自動頻率控制電路	243
完整的調諧器電路圖	244
調頻接收機的調整	244
以固定頻率方法調整中週	244
以頻率掃描方法調整中週	246
調整甄別器	246
調整比率檢波器	246
前級調整	246
調頻發射機	247
直接調制	247
調頻發射機	249
從調相產生調頻	250
阿姆斯壯調頻系統	252

平衡調制器.....253
 其他間接調制方法.....254
 習題 I.....256
 習題 II.....264
 習題 III.....267

第十章 傳輸線

長傳輸線上電波的行進.....270
 波長.....272
 傳輸線長度.....274
 傳輸線的等效電路.....274
 特性阻抗.....274
 傳輸線的虛阻等效電路.....275
 傳輸線的種類.....276
 特性阻抗的計算.....278
 傳輸線的速度常數.....278
 無限長傳輸線上波的運動.....279
 傳播常數.....280
 端點電阻為 $R = Z_0$281
 結論(無線長傳輸線).....281
 傳輸線的反射現象.....282
 傳輸線開路時反射波的相位
 關係.....282
 短路時反射波的相位.....284
 開路時的電壓駐波.....285
 開路時的電流駐波.....287
 短路時的駐波.....287
 傳輸線上駐波的測量.....288
 駐波比.....288
 $\lambda/4$ 波長開路傳輸線的輸入阻
 抗.....290
 半波長開路傳輸線的輸入阻
 抗.....291

短於 $\lambda/4$ 波長開路傳輸線的輸
 入阻抗.....292
 $\lambda/4$ 及 $\lambda/8$ 波長之間開路傳輸線
 的輸入阻抗.....292
 結論—開路傳輸線的輸入阻
 抗.....293
 結論—短路傳輸線的輸入阻
 抗.....293
 史密斯圖形.....293
 傳輸線終端負載為電抗時的
 情形.....298
 傳輸線的應用.....299
 波長及頻率的測試.....299
 電抗.....300
 儲能電路.....301
 絕緣體.....302
 濾波器.....302
 相位移電路(延遲傳輸線).....303
 電視天線.....304
 阻抗匹配—短線.....305
 $\lambda/4$ 波長開路線的阻抗轉換作
 用.....307
 阻抗匹配— $\lambda/4$ 波長短路線段.....308
 同軸傳輸線平衡轉換器.....309
 波導概論.....309
 波導與同軸傳輸線的比較.....310
 習題 I.....311
 習題 II.....319
 習題 III.....320

第十一章 天線及傳播

天線基本原理.....322
 輻射場強度.....323

偏極化	323
輻射圖形	324
基本天線	325
半波天線	325
輸入阻抗	325
水平天線輻射圖形	326
垂直天線的輻射圖形	328
接地效應	328
接地天線	330
接地天線的輻射圖形	330
負載天線	331
天線饋送方式	332
共振傳輸線饋送方式	332
非共振傳輸線饋送方式	333
方向性天線系統	334
寄生陣	335
激發陣	336
直排天線陣	336
垂射天線陣	338
順射天線陣	339
併合天線陣	339
菱形天線	340
超高頻天線	341
接收天線	342
波的傳播	342
地波	342
空間波	342
天波及電離層	344
臨界頻率及臨界角	344
越程距離-最大有效頻率	345
觸跳傳播	345
衰退	346
電離層的改變	346

各種頻率的傳播特性	347
習題 I	347
習題 II	353
習題 III	355
第十二章 其他發射機接收機電路	
幅相調幅發射機	359
方塊圖分析	360
單旁波帶發射機	363
基本原理	364
以濾波方式產生 SSB	364
平衡調制器線路	365
旁波帶濾波器	367
線性功率放大器	368
載波衰減器	369
以相位移產生 SSB	370
載波傳輸控制	371
SSB 接收機	371
SSB 解調器	372
衰減器及一般用途的接收機	374
引導載波接收機	374
抑制載波接收機	375
脈波調制	378
脈波調制的類型	378
脈波碼調制	379
多工制發射	381
頻率分割多工制	382
時間分割多工制	382
調頻立體廣播	383
立體廣播發射原理	384
立體接收機原理	386
接收機電路	387
電視原理	388

掃描	388
發射機方塊圖	391
接收機方塊圖	392
彩色電視機論	392
彩色電視接收機	394
習題 I	395

習題 II	404
習題 III	406
索引	409

第一章 共振電路

1900 年初期，聲音及音樂經由空中之發射及接收的無線電通訊設備，為電子最廣泛的應用，無線電廣播，將聲音或音樂等訊息信號提升至較高的射頻，其所選用的特定頻率稱為載波頻率，這種處理過程稱為調制作用，所得到的波形稱為調制波，此時信號位於載波兩旁極為狹窄的頻率裡，此狹窄的頻率區域稱為旁頻帶，載波兩旁頻率的偏移及旁頻帶稱為頻道，若將射頻波譜分割成許多頻道，則便能同時發射許多節目，在接收站，由射頻波所產生的電壓極為微弱，約為幾個微伏特，因此須先以射頻電壓或小信號放大器放大之，再從放大後的射頻波取出訊息，稱為解調或檢波，然發射機裡，在尚未發生調制前，須先由振盪器電路產生載波頻率，一般而言，接收站皆在遠方，所以備以射頻功率放大器以提升信號的發射功率，然後再備入天線，天線將能最發射至空中，以上的敘述僅為簡單的概論，下列各章將詳細討論之。

電子不但用於娛樂裡，更使用於醫療、商業、交通及工業，然不論其發展如何，射頻波的發射及接收，仍為最重要的部份，設計射頻工作的電路，通常限制於某特定頻率，或極窄的頻帶，此特定頻率稱為電路的共振頻率 (resonant frequency)，此窄頻帶稱為電路的頻帶寬 (bandwidth)，本章將討論串聯及並聯共振電路的特性，以作為下列各章的準備。

串聯共振電路

一電路需含有電容及電感，才會發生共振，但電路裡有某些電阻存在，此電阻為線圈的有效電阻，或導線的電阻，雖此電阻會影響電路在共振時的電流和電壓，但不能用來決定何時會發生共振，茲以盪學方式表示 R, L, C 串聯共振電路：

$$1. X_L = 2\pi fL$$

$$2. X_C = 1/(2\pi fC)$$

2 通信電子電路

$$3. X_0 = X_L - X_C$$

X_0 為淨電抗，若 X_L 大於 X_C ，則 X_0 為正值，若 X_C 大於 X_L ，則 X_0 為負值。

$$4. Z = \sqrt{R^2 + X_0^2}$$

$$5. I = E/Z$$

R-L-C 串聯電路共振時，電感抗等於電容抗，即 $X_L = X_C$ ，不論電感值及電容值為若干，總有一頻率使兩電抗值相等，其共振頻率能以以下述方法求得，即

$$X_C = X_L \quad \text{或} \quad 2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

求此頻率 $(2\pi f_0)^2 = 1/LC$ ，故

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1-1)$$

在共振頻率時，因 $X_L = X_C$ ，故淨電抗 X_0 為零，所以電路阻抗 Z 需為最小，且等於電路電阻 R ，因阻抗為最小，故電流為最大，又阻抗為純電阻，所以電流與電位同相，電路的相位角 θ_c 為零，串聯共振電路總結如下：

$$1. X_L = X_C$$

$$2. f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$3. Z = \text{最小值} = R$$

$$4. I = \text{最大值}$$

$$5. \theta_c = 0^\circ$$

[例 1-1] 一串聯電路的 $L = 15.8 \text{ mH}$ ， $C = 0.1 \mu\text{F}$ ， $R = 10 \Omega$ ，電壓 $E_r = 10 \text{ V}$ ，求共振頻率，在此頻率的電流，及在此頻率時各元件的電壓降。

$$\text{解：} 1. f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0.159}{\sqrt{15.8 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-6}}} = 4000 \text{ Hz}$$

2. 此電路在共振時 $X_L = X_C$ ， $Z = R$ ，故

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10}{10} = 1.0 \text{ A}$$

3. 求 L 及 C 的電壓降

$$(a) X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 4000 \times 15.8 \times 10^{-3} = 398 \Omega$$

$$(b) X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{0.159 \times 10^6}{4000 \times 0.1} = 398 \Omega$$

$$(c) E_L = I X_L = 1.0 \times 398 = 398 \text{ V}$$

$$E_C = I X_C = 1.0 \times 398 = 398 \text{ V}$$

$$E_R = I R = 1.0 \times 10 = 10 \text{ V}$$

電壓上升為Q倍

注意上例中電抗元件的電壓降，外加電壓為10V，而跨接L及C的電壓為398V，在任何電路裡，若電阻值極小，都會發生這種電壓上升的情況，但電感抗與線圈電阻的比值，為此線圈的Q值，在一電路裡，電路之電感抗值與電阻值的比值，稱為此電路的Q值，此電阻為電路的總電阻 R_T ，為線圈的電阻，電容的電阻，及分離電阻元件的總和，計算電路在共振時的Q值時，可使用 X_C 或 X_L 。

上例之電路的Q值，可計算如下：

$$Q_C = \frac{X_L}{R_T} = \frac{398}{10} = 39.8$$

比較外加電壓與線圈或電容的電壓，知電抗電壓為外加電壓的39.8倍或Q倍，故串聯共振電路的電壓上升Q倍，以數學方式表示之：

$$E_L = I X_L$$

$$\text{共振時} \quad I = \frac{E_T}{R_T}$$

$$\text{故} \quad E_L = \frac{E_T X_L}{R_T}$$

電抗值與電阻值的比值等於 Q_C ，故

$$E_L = Q_C E_T \quad (1-2)$$

同理 E_C 亦可表示為

$$E_C = Q_C E_T \quad (1-3)$$

因此可得結論：

$$6. E_L = E_C = Q_C E_T$$

頻率的影响

表1-1為不同頻率時的電路值，為簡化起見 X_L 及 X_C 在共振時為400 Ω 而非398 Ω ，在頻率為1000Hz時（與共振頻率4000Hz相較），電感抗成比例的減少， $X_L = 100\Omega$ ，電容抗隨比例而增加， $X_C = 1600\Omega$ ，總電抗 $X_0 = X_L - X_C = -1500\Omega$ ，負值表示總電抗呈電容性，電路的相位角

4 通信電子電路

($\tan^{-1} X/R = \tan^{-1} 150$) 爲 90° ，此電抗遠大於 $10R$ ，故電路的阻抗 Z 可視爲 1500Ω ，且爲純電容，電路電流爲 $Z = E/Z$ ，或 6.70 mA ，各元件的電壓 $E_C = IX_C = 10.7 \text{ V}$ ， $E_L = IX_L = 0.67 \text{ V}$ 。

表 1-1 頻率對電路值的影響

($L = 15.8 \text{ mH}$ $C = 0.1 \mu\text{F}$ $R = 10 \Omega$)

頻率 (Hz)	X_L (Ω)	X_C (Ω)	X_o (Ω)	θ_c	Z (Ω) (特性)	I (mA)	E_o (V)	E_L (V)
1000	100	1600	-1500	90°	1500 電容	6.70	10.7	0.67
2000	200	800	-600	89°	600 電容	16.70	13.3	3.34
3000	300	533	-633	88°	233 電容	43.00	25.1	12.9
4000	400	400	0	0°	10 電阻	1 A	400	400
5000	500	320	+180	87°	180 電感	55.00	18.1	27.5
8000	800	200	+600	89°	600 電感	16.70	3.34	13.3
16000	1600	100	+1500	90°	1500 電感	6.70	0.67	10.7

將總結分析並可歸納如下：

1. 在共振時

- (a) 阻抗爲最小，且爲純電阻（等於 R ）。
- (b) 電流爲最大，且與外加電壓同相。
- (c) 電壓上升： $E_C = E_L = Q_C E_T$

2. 低於共振頻率時：

- (a) 阻抗急速增加，並呈電容性。
- (b) 電路電流急速減少。
- (c) E_L 及 E_C 亦急速減少。

3. 高於共振頻率時：

- (a) 阻抗急速增加，並呈電感性。
- (b) 電路電流急速減少。
- (c) E_L 及 E_C 亦急速減少。

圖 1-1 表示阻抗隨頻率的變化。

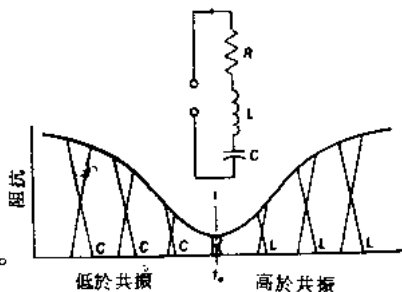


圖 1-1 串聯共振電路頻率對阻抗的影響

電路電阻的影響

電路電阻雖對共振頻率無影響，但對共振時的電壓及電流值有很大的影響，茲利用表 1-1 的 $L-C$ 電路值，並使電路電阻值從 10Ω 提高至 20 及 60Ω ，在各頻率時之電路值如表 1-

2所示。

表 1-2 電阻對電路值的影響

($L = 15.8\text{mH}$ $C = 0.1\mu\text{F}$)

頻 率 (Hz)	X_0 (Ω)	$R = 20\ \Omega$			$R = 60\ \Omega$		
		$Z(\Omega)$	$I(\text{mA})$	$E_c(\text{V})$	$Z(\Omega)$	$I(\text{mA})$	$E_c(\text{V})$
1000	-1500	1500	6.70	10.7	1500	6.70	10.7
2000	-600	600	16.70	13.3	600	16.70	13.3
4000	0	20	500	200	60	167.00	66
6000	+600	600	16.70	3.34	600	16.70	3.34
16000	+1500	1500	6.70	0.67	1500	6.70	0.67

從上表知 $60\ \Omega$ 的電路電阻遠小於電路的淨電抗，故除共振外，頻率在兩旁偏移少許時，電路的總阻抗不受電阻值改變的影響，試比較 $R = 10, 20, 60\ \Omega$ 時，電路的電流及 E_c 值，在偏移共振時不受電阻值改變的影響，但在共振時， $R = 60\ \Omega$ ，跨接電容的電壓遠比 $R = 10\ \Omega$ 為少，因電阻值較高，所以電路的 Q 值較低，圖 1-2 表示電阻對串聯共振電路電容或線圈之跨接電壓的影響，這些曲線稱為響應曲線 (response curve) 或共振曲線 (resonance curve)，當電路的電阻值低時，曲線的兩斜邊較陡。

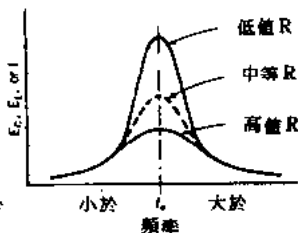


圖 1-2 串聯共振曲線電阻對頻率響應曲線的影響

L / C 比值的影響

在例 1-1 中， 15.8mH 的線圈及 $0.1\mu\text{F}$ 的電容所產生的共振頻率為 4000Hz ，若電感值增加 10 倍，電容值減少 10 倍，則共振頻率仍為 4000Hz ，因 LC 乘積不變，所以共振頻率不變，但其 L/C 比值為原比值的 100 倍，茲討論此種變化會產生何種影響，先假設電路的線電阻可忽略之。

1. 在共振時 X_L 等於 X_C ，淨電抗為零，阻抗為純電阻，且等於 R ，因電路電阻不改變， Z 值亦不改變，故在共振時，電路電流不受影響，但因 X_L 及 X_C 增加 10 倍，所以電路的 Q 值及跨接 L 及 C 的電壓，隨著電抗值的增加而增加，故 L/C 的比值愈高， L 及 C 的電壓越高（成為 Q 倍）。

2. 低於共振 因 L/C 比值較高，所以電容值較小，且當頻率減少時， X_C 的

增加更為快速，雖然電感值及電感抗亦比例 $1 - 1$ 者為大，但 X_L 遠比 X_C 小，所以淨電抗增加，且電路的阻抗 Z 隨 L/C 值的增加而增加，電路電流亦以同一因素而減少，而跨接電容及線圈的電壓，為電路電流與各電抗的乘積，故電流的減少，被電抗的增加所補償，所以低於共振時，這些電壓不受 L/C 比值改變的影響。

3. 高於共振 因電感值較大， X_L 急速增加，電容抗可忽略之，所以淨電

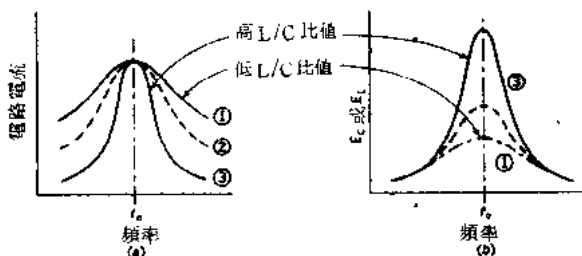


圖 1-3 L/C 比值 對串聯共振電路響應曲線的影響

抗及電路的總阻抗，隨 L/C 比值的增加而增加，如上所述，電路電流較低，但偏移共振時， E_C 及 E_L 不受 L/C 比值改變的影響。

若 L/C 比值減少，則電路的 Q 值減少， L/C 比值對響應曲線的影響如

圖 1-3 所示。

[例 1-2] 比較例 1-1 電路在頻率為 1000, 4000, 16,000 Hz 的電路電流，及跨接電容的電壓，(1) L 改為 158 mH, $C = 0.01 \mu F$, (2) L 降為 1.58 mH, $C = 1.0 \mu F$ 。

表 1-3 L/C 比值的影響 ($R = 10 \Omega$)

頻 率 (Hz)	電 路 L	值 C	X_L (Ω)	X_C (Ω)	Z (Ω)	I (mA)	E_C (V)
1000	15.8 mH	0.1 μF	100	1600	-1500	6.70	10.7
	158 mH	0.01 μF	1000	16,000	-15,000	0.67	10.7
	1.58 mH	1.0 μF	10	160	-150	67.00	10.7
4000	15.8 mH	0.1 μF	400	400	10	1 A	400
	158 mH	0.01 μF	4000	4000	10	1 A	4000
	1.58 mH	1.0 μF	40	40	10	1 A	40
16,000	15.8 mH	0.1 μF	1600	100	+1500	6.70	0.67
	158 mH	0.01 μF	16,000	1000	+15,000	0.67	0.67
	1.58 mH	1.0 μF	160	10	+150	67.00	0.67

解：以上各情況中， LC 的乘積不變，因此共振頻率仍為 4000 Hz ，各頻率之電抗、阻抗、電路電流、及電容電壓，列如表1-3。

由上例知，在共振時（ 4000 Hz ）電路阻抗及電流不受 L/C 比值的影響，但電壓隨著電感值而上升 Q 倍，低於或高於共振時，電壓 E_C 不受 L/C 比值的影響，但電路的阻抗直接隨著電感值而變，電路電流隨電感值而反變。

共振電路的增益

射頻工作時，常使用串聯共振電路，以得到電壓增益，其作用與空心變壓器相似，但空心變壓器對所有的輸入信號皆以同比例的提升電壓，而串聯共振電路僅對共振頻率或其附近的頻率提升電壓，為得到此電壓增益，輸入信號輸至串聯電路的兩端，跨接電容或電感得到輸出電壓，如圖1-4，因輸出電壓為電容電壓 E_C ，故電壓增益由電路的 Q 值決定之，所以與電路的電阻及 L/C 比值有關。

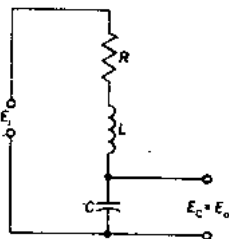


圖1-4 得到電壓增益的串聯共振電路

頻帶寬

共振電路主要用於接收機及發射機，其主要目的在於使某一特定頻率（載波）或頻率（頻道）能通過，而阻止其他頻率的通過，為完成以上的目的，端視響應曲線的選擇度（selectivity）決定之，若曲線的兩斜邊急速下降，則此電路的選擇度良好，比較圖1-2之各曲線，知低阻抗電路的選擇度為最佳，圖1-3(b)中，曲線3的 L/C 比值最高，兩斜邊的斜度最大，故選擇度最佳，故若欲有高選擇度，則共振電路的串聯電阻越小越好， L/C 比值越大越好。

若欲放大或通過某一特定頻率，則需要高選擇度，所以選擇度可定義為共振時的響應，對非共振頻率之響應的比值，圖1-5之曲線a的選擇度高，頻率 f_1 的振幅為共振頻率 f_0 振幅的20%，而曲線b的選擇度較差，蓋因所須的信號 f_1 及不須要

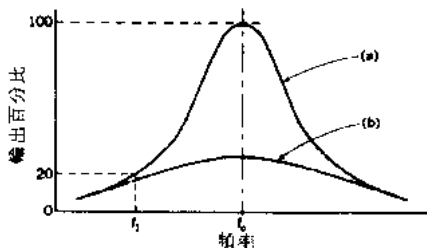


圖1-5 共振曲線的選擇度

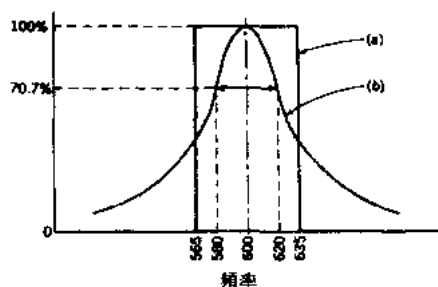


圖 1-6 頻帶寬的計算

的信號 f_1 的輸出電壓幾乎相等。

但選擇度並非共振電路所要求的唯一特性，理想的響應曲線其頂部需要平坦，曲線的斜邊需垂直下降，所希望之頻帶的響應振幅須為常數，而在此頻帶以外之頻率的響應為零，理想的響應曲線如圖 1-6 之曲線 a 所示，此曲線的頻帶寬為 70 KHz (565 - 635 KHz)。

簡單的串聯共振電路，無法產生這種理想的曲線，其響應曲線如圖 1-6 (b) 所示，計算此曲線之頻帶寬，定輸出電壓為最大值的 70.7% 或 0.707 之間的帶寬，即少於最大值 3dB 之間的帶寬。

若電路的電阻越低，電感值愈高，則響應曲線愈尖，但這兩因素可以決定電路的 Q 值，Q 值愈高，響應曲線愈尖，所以 Q 值低時，該電路的頻帶較寬，對某一 Q 值而言，頻帶寬亦與共振頻率有關，或

$$BW = \frac{f_0}{Q} \quad (1-4)$$

[例 1-1] R-L-C 串聯電路的共振頻率為 1200 KHz，Q 值為 80，求其頻帶寬。

解： $BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{1200}{80} = 15 \text{ KHz}$

[例 1-4] 一串聯電路的共振頻率為 300 KHz，頻帶寬為 60 KHz，求 Q 值。

解： $Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{300}{60} = 5$

例 1-4 中強調頻帶寬與 Q 值成反比的關係，若希望寬頻帶，則 Q 值須很低，此時，相鄰頻道會互相干擾，且共振電路的增益極低，若提高電路的工作頻率，則可避免這種影響，且可得到寬頻帶，如上例之工作頻率從 300 提高至 6000 KHz，則 Q 為 100 時，可得到所希望的 60 KHz 帶寬，此為超外差式接收機選擇適當的中週值須考慮的因素

一般的響應曲線

若欲知R-L-C串聯電路之頻率響應曲線(E_o 對 f)，則可逐點繪之，使用交流電路的理論，計算共振兩旁之頻率的 X_L , X_C , X_o , Z , I , 及 E_o ，然後繪出 E_o 對頻率的曲線，此種方法極為費時，茲以共振電路的原理簡化之，但須先假設共振頻率兩旁之頻率的Q值為常數，故

1. f_o 時，輸出 = 100%。
2. 頻率偏移 $\pm \frac{1}{2} BW$ 時，輸出 = 70.7%。
3. 頻率偏移 $\pm 1 BW$ 時，輸出 = 44.7%。
4. 頻率偏移 $\pm 1 \frac{1}{2} BW$ 時，輸出 = 32%。
5. 頻率偏移 $\pm 2 BW$ 時，輸出 = 24%。
6. 頻率偏移 $\pm 4 BW$ 時，輸出 = 13%。

[例1-5] 串聯共振電路 $C = 160 \text{ PF}$ ， $L = 250 \mu\text{H}$ ， $R = 12.57 \Omega$ ，試繪其響應曲線。

解：1. $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0.159}{\sqrt{160 \times 10^{-12} \times 250 \times 10^{-6}}} = 795 \text{ KHz}$

2. $X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 795 \times 10^3 \times 250 \times 10^{-6} = 1250 \Omega$

3. $Q = \frac{X_L}{R} = \frac{1250}{12.57} = 99.4$

4. $BW = \frac{f_o}{Q} = \frac{795}{99.4} = 8.0 \text{ KHz}$

5. 在795 KHz時，
輸出 = 100%。

791及799 KHz (

$\pm \frac{1}{2} BW$)，輸出 =

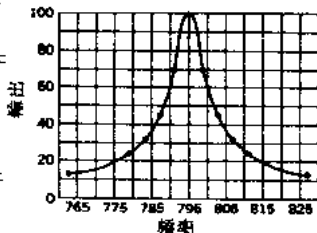
70%。

787及803 KHz (

$\pm 1 BW$)，輸出 =

45%。

783及807 KHz (



f_1	f_2	E_o
795	—	100%
791	799	70%
787	803	45%
783	807	32%
779	811	24%
763	827	13%

圖 1-7 例 1-5 之響應曲線