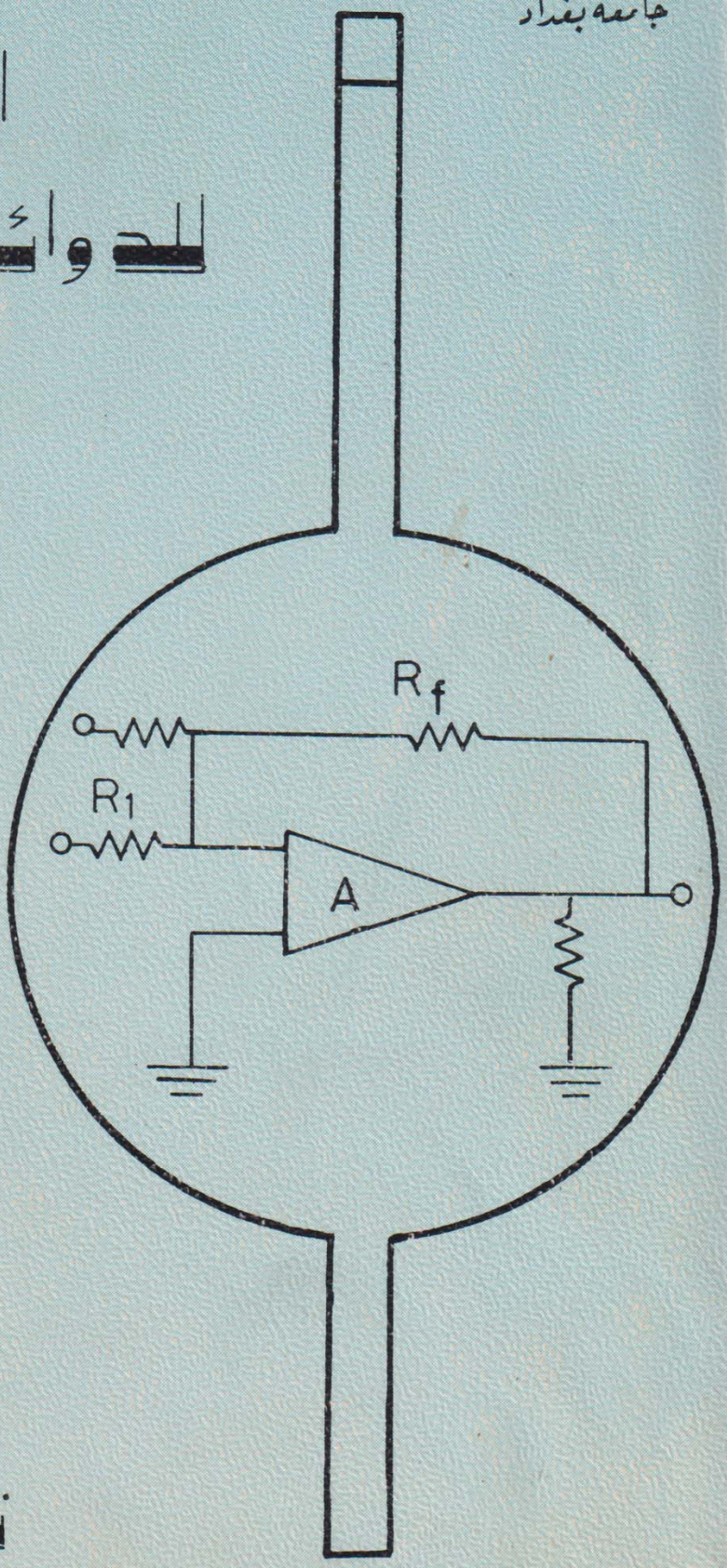
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

# المدخل
# للدوائر الالكترونية




تأليف

الدكتور المهندس نورالدين عبد الله الربيعي

1-621-97-1

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد

# المدخل للدوائر الالكترونية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المكتبة المركزية
جامعة بغداد

تأليف

الدكتور المهندس نور الدين عبد الله البرسيمي
مدير عام التخطيط والمتابعة
وزارة النقل والمواصلات
محاضر في جامعة بغداد
والجامعة المستنصرية

بغداد ١٩٧٩

# فهرست

الصفحة


الفصل الأول: نظريات التيار المتناوب

1 – خواص كميات التيار المتناوب .. .. .. .. .. .. .. 17

2 – القيمة ( R.M.S ) جذر معدل المربعات ( ج . م . م ) .. 19

3 – القدرة في دائرة التيار المتناوب .. .. .. .. .. .. 19

4 – مرور التيار في مقاومة ومتسعة وملف .. .. .. .. .. 22

5 – استعمال المركبات الاتجاهية لايجاد قيم الفولطية والتيار في دائرة التيار المتناوب .. .. .. .. .. .. .. 22

5–1– دائرة المقاومة والملف .. .. .. .. .. .. 23

5–2– دائرة المقاومة والمتسعة .. .. .. .. .. .. 24

5–3– دائرة المقاومة والملف والمتسعة .. .. .. .. .. 25

6 – استعمال الرمز (j) لايجاد قيم التيار والفولطية والممانعة في الدوائر الكهربائية .. .. .. .. .. .. .. 27

6–1– طول المحصلة وزاويتها .. .. .. .. .. .. 27

6–2– عملية جمع وطرح المركبات .. .. .. .. .. 28

6–3– عملية ضرب المركبات .. .. .. .. .. .. 28

6–4– عملية قسمة المركبات .. .. .. .. .. .. 29

6–5– استعمال الرمز (j) في الدوائر الكهربائية .. .. .. 30

7 – خواص دوائر الحث والمتسعة .. .. .. .. .. .. 34

7–1– دائرة الحث والمتسعة المتوالية ( L – C Circuits ) .. 34

7–2– دائرة الحث والمتسعة المتوازية .. .. .. .. .. 38

8– نظريات الدوائر الكهربائية .. .. .. .. .. .. 42

8–1– نظرية التطابق (Superposition Theorem) .. 42

8–2– نظرية ثفنين (Thevinin Theoren) .. 45

8–3– استعمال المحدد ( Determinant ) في تحليل الدوائر الكهربائية .. .. .. .. .. .. 50

8–4– طريقة احتساب التيار الشاحن لمتسعة .. .. .. 53

8–5– طريقة استعمال التيار الشاحن في الملف .. .. 55

اسئلـــــة .. .. .. .. .. .. .. 57

الصفحة

الفصل الثاني : صمامات المواد أو الوسائل شبه الموصلة


1- الترتيب الالكتروني في المواد الصلبة .. .. .. .. .. 63
2- شكل مستويات الطاقة .. .. .. .. .. .. 66
3- الموصل – العازل – وشبه الموصل .. .. .. .. .. 66
4- المواد شبه الموصلة .. .. .. .. .. .. 69
4-1 ذرة وخصائص مادة الجرمانيوم .. .. .. .. .. 69
4-2- الروابط التساهمية او المشتركة .. .. .. .. .. 70
4-3- ادخال أو تغذية الشوائب الى المواد شبه الموصلة .. .. 71
4-4- مستوى فرمي للطاقة .. .. .. .. .. .. 73
4-5- المواد شبه الموصلة نوع N ونوع P .. .. .. .. 75
4-6- خواص الالكترونات والفجوات في شبه الموصلات .. 76
4-7- تحضير المواد شبه الموصلة .. .. .. .. .. 77
4-8- تكوين الاتصال P-N .. .. .. .. .. .. 79
4-8-1- طريقة معدل النمو .. .. .. .. .. .. 79
4-8-2- طريقة النمو الانتشاري .. .. .. .. .. .. 79
4-8-3- طريقة الاتصال بتلامس الشوائب .. .. .. .. 80
5- الثنائي الاتصالي .. .. .. .. .. .. 82
5-1- الانحياز الامامي للمقوم الثنائي الاتصالي .. .. 84
5-2- الانحياز الخلفي للثنائي .. .. .. .. .. .. 85
5-3- الانهيار المفاجيء .. .. .. .. .. .. 86
5-4- زينر الثنائي .. .. .. .. .. .. 87
5-5- خواص المقوم الثنائي الاتصالي .. .. .. .. 89
6- الترانزستور الاتصالي .. .. .. .. .. .. 91
6-1- أنواع الترانزستورات .. .. .. .. .. .. 92
6-2- الترانزستور الاتصالي .. .. .. .. .. .. 93
6-3- تأثير فولطية الانحياز على الاتصال بين ( P ) و ( N ) 94
6-4- الرموز وأتجاه فولطيات الانحياز للترانزستور .. .. 96
6-5- التيارات الداخلية في الترانزستور .. .. .. .. 98
6-6- أنواع الربط والخواص العامة للترانزستور .. .. 101

الصفحة


7- الترانزستور ذو التأثير المجالي أو أحادي القطب .. .. .. .. .. .. 107
7-1- الترانزستور الاتصالي ذو التأثير المجالي (JFET) .. .. .. .. 108
7-1-1 تكوين المنطقة الاستنزافية في القناة .. .. .. .. .. .. 109
7-1-2 خواص الترانزستور (JFET) .. .. .. .. .. .. .. 110
7-2 الترانزستور ذو الأوكسيد المعدني (MOSFET) .. .. .. 110
7-2-1 خواص الترانزستور ( MOSFET ) .. .. .. .. .. 114
أسئلة .. .. .. .. .. .. .. 119

الفصل الثالث : الصمام الالكتروني الحراري

1- الاشعاع أو الانبعاث الالكتروني الحراري .. .. .. .. .. 121
2- المواد الاوكسيديه المشعة .. .. .. .. .. .. 122
3- وصف الصمام الالكتروني الحراري .. .. .. .. .. .. 123
4- خواص الصمام الالكتروني الحراري .. .. .. .. .. .. 125
4-1- خواص الصمام الثنائي .. .. .. .. .. .. 126
4-2- خواص الصمام الثلاثي .. .. .. .. .. .. 129
4-3- قدرات الصمام الثلاثي .. .. .. .. .. .. 132
4-4- معادلة القسم او الجزء المستقيم من خواص الصمام الثلاثي .. 133
4-5- كيفية ايجاد القدرات من الخواص .. .. .. .. .. 134
4-6- خواص الصمام الرباعي .. .. .. .. .. .. 138
4-7- خواص الصمام الخماسي .. .. .. .. .. .. 141
اسئلـــــة .. .. .. .. .. .. 145

الفصل الرابع : المكبرات السمعية أو مكبرات التردد الواطىء

1- دائرة المكبر الترانزستوري الاتصالي .. .. .. .. .. .. 147
1-1 عمل الدائرة في الحالة المستقرة .. .. .. .. .. .. 151
1-2- تعريف القدرة في الجامع .. .. .. .. .. .. 151
1-3- طريقة ثبات أو استقرار الاشتغال Q .. .. .. .. .. 153
1-4- طريقة تصميم دائرة الانحياز لمكبر يستخدم فيه الترانزستور 156
1-5- تحديد نقطة الاشتغال Q .. .. .. .. .. .. 158

الصفحة


2- دائرة المكبر للترانزستور ذي التأثير المجالي الاتصالي (JFET) .. .. .. .. 160
2-1- توليد فولطية الانحياز تلقائيا لدائرة الترانزستور (JFET) .. 162
2-2- الدائرة المكافئة .. .. .. .. .. .. .. .. .. 164
3- المكبر الترانزستوري للتردد السمعي .. .. .. .. .. .. .. 165
3-1- خط الحمل المتناوب .. .. .. .. .. .. .. .. 165
3-2- استعمال الدائرة المكافئة للترانزستور الاتصالي .. .. .. .. 169
3-3- مقارنة بين اشكال الربط الثلاث .. .. .. .. .. .. 173
4- دائرة مكبر الصمام الالكتروني الحراري السمعي .. .. .. .. .. 177
4-1- الحساب البياني لتيار الانود المستمر .. .. .. .. .. 178
4-2- الدائرة المكافئة للصمام الثلاثي .. .. .. .. .. .. 180
4-3- القدرة الناتجة العظمى ( قدرة الخرج القصوى ) .. .. .. 181
4-4- طريقة توليد فولطية الانحياز ( $E_g$ ) تلقائيا .. .. .. 183
4-5- الدائره الفاصلة .. .. .. .. .. .. .. .. 188
5- المكبر ذو المراحل المتعددة الترانزستورية .. .. .. .. .. .. 192
5-1- الربط بواسطة R-C .. .. .. .. .. .. .. 195
5-2- منحني تجاوب التردد للمكبر الترانزستوري .. .. .. .. 200
6- المكبر ذو المراحل العديدة الصمامي .. .. .. .. .. .. 203
6-1- الربط بواسطة الدائرة R-C .. .. .. .. .. .. 204
6-2- دائرة المحولة .. .. .. .. .. .. .. .. 207
6-3- الربط المباشر .. .. .. .. .. .. .. .. 209
6-4- الربط بواسطة المتسعة والمقاومات المحتثة .. .. .. .. 211
7- المرحلة الخارجة أو مرحلة الخرج .. .. .. .. .. .. .. 213
7-1- مكبرات القدرة الترانزستورية ( المرحلة الخارجة ) .. .. .. 213
أ - القدرة الخارجة ( قدرة الخرج ) والكفاءة .. .. .. 216
ب - المكبر الترانزستوري من نوع الدائرة الدافعة الساحبة .. 217
7-2- دوائر مكبرات القدرة للصمام الالكتروني الحراري .. .. .. 221
7-2-1- حساب القدرة الخارجة بواسطة خط الحمل .. .. .. .. 224
7-2-2- الدائرة الدافعة - الساحبة ( الجاذبة ) .. .. .. .. .. 226

الصفحة

8- طريقة تصميم المكبر نوع A .. .. .. .. .. .. .. .. 230
9- دائرة جهاز الاتصال الداخلي الترانزستورية .. .. .. .. .. .. 239
أسئلة .. .. .. .. .. .. .. .. 240

الفصل الخامس: المكبرات ذات الأغراض الخاصة
1- المكبرات التفاضلية .. .. .. .. .. .. .. 249
1-1- الاشتغال التفاضلي للمكبر .. .. .. .. .. .. 252
1-2- الممانعة الخارجة والداخلة أو ممانعتي الدخل والخرج للمكبر .. 253
2- المكبرات التشغيلية .. .. .. .. .. .. .. 261
3- مكبرات التردد العالي .. .. .. .. .. .. .. 264
3-1- منحني التجارب لمكبر التردد الواطىء .. .. .. .. .. 264
3-2- تأثير المتسعة $C_{ga}$ .. .. .. .. .. .. 267
4- مرحلة الكاثود التابع .. .. .. .. .. .. .. 273
5- استعمال الترانزستور في دائرة المرحلة التابعة .. .. .. .. .. 277
6- المكبرات الترجيعية .. .. .. .. .. .. .. 281
6-1- الترجيع في مكبرات الترانزستور .. .. .. .. .. .. 285
6-2- الترجيع في دوائر المكبرات ذات الصمام الالكتروني الحراري .. 294
6-2-1- ترجيع الفولطية .. .. .. .. .. .. .. 294
6-2-2- ترجيع التيار .. .. .. .. .. .. .. 295
7- المكبرات من صنفي C,B .. .. .. .. .. .. .. 299
أسئلة .. .. .. .. .. .. .. .. 303

الفصل السادس: المقومات الثنائية واستعمالاتها المتعددة
1- المقومات .. .. .. .. .. .. .. .. 307
1-1- تقويم نصف الموجة (Half wave Rectifier) .. .. .. .. 307
1-2- تقويم الموجة الكاملة (Full wave Rectifier) .. .. .. .. 310
1-3- دوائر التقويم العملية .. .. .. .. .. .. .. 312
1-4- المرشحات .. .. .. .. .. .. .. .. 318

الصفحة


1- 5 - المقوم القنطري .. .. .. .. .. .. .. .. 323
1-6- دائرة تضعيف الفولطية .. .. .. .. .. .. .. 324
1-7- المقارنة بين تقويم نصف الموجة والموجة الكاملة .. .. .. 325

2- مقومات القدرة .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. 326
2-1- المقوم البلوري ( S C R ) كمحول للقدرة .. .. .. .. 326
2-2- المقوم الزئبقي .. .. .. .. .. .. .. .. 331
3- دوائر التثبيت والاستقرار والتنظيم Stabilizing & Regulating Circuits .. .. 333
3-1- دوائر التنظيم باستعمال الثنائي زينر .. .. .. .. .. 334
3-2- دوائر التنظيم وتثبيت ( استقرار ) الفولطية باستعمال الصمام الالكتروني الحراري .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. 337
3-3- دوائر التنظيم وتثبيت الفولطية باستعمال الترانزستور .. .. 339
4- الاستعمالات الاخرى للثنائي .. .. .. .. .. .. .. .. 341
4-1- الثنائي كمحدد للفولطية .. .. .. .. .. .. 341
4-2- الثنائي كعنصر في الدوائر المنطقية .. .. .. .. .. 342
اسئلـــــة .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. 345

الفصل السابع: المتذبذبات

1- المتذبذب ذو الفولطية المرجعة .. .. .. .. .. .. .. 347
1-1- المتذبذب المنغم الترانزستوري .. .. .. .. .. .. 348
1-2- المتذبذب المنغم ذو الصمام الالكتروني الحراري .. .. .. 354
أ- متذبذب الشبكة المنغمة .. .. .. .. .. .. 356
ب- متذبذب هارتلي .. .. .. .. .. .. .. 358
1-3- متذبذب كولبت .. .. .. .. .. .. .. 360
1-4- المتذبذب ذو المقاومة والمتسعة .. .. .. .. .. .. 367
1-5- تثبيت استقرارية تردد المتذبذب .. .. .. .. .. .. 372
1-6- المتذبذب البلوري .. .. .. .. .. .. .. 373
2- المتذبذب ذو المقاومة السالبة .. .. .. .. .. .. .. 378
3- المتذبذبات المتراخية (Relaxation Oscillators) .. .. .. .. .. 381
4- توليد النبضات .. .. .. .. .. .. .. .. 388

الصفحة


(أ) تغيير اشكال موجة الفولطية بواسطة الدوائر الكهربائية .. .. 391
(ب) دوائر البدء أو التشغيل والفتح .. .. .. .. .. .. 394
( ب - 1 ) دوائر البدء للصمام الخماسي .. .. .. .. 395
( ب - 2 ) دائرة أكلس جوردن للبدء .. .. .. .. .. 396
(ج) دوائر توليد النبضات والأمواج غير الجيبية .. .. .. .. 398
( ج - 1 ) دائرة توليد الفولطية ذات الموجة المستطيلة الشكل .. 399
( ج - 2 ) دائرة توليد الفولطية ذات الموجة المسننة .. .. .. 400
( ج - 3 ) دائرة القاعدة الزمنية .. .. .. .. .. .. 401
( ج - 4 ) دائرة القاعدة الترانزسترون الزمنية .. .. .. .. 404

اسئلة .. .. .. .. .. .. .. 405

الفصل الثامن: التضمين والكشف

1 - التضمين .. .. .. .. .. .. .. 407
(أ) - تضمين السعة .. .. .. .. .. .. 409
(ب) - تضمين التردد .. .. .. .. .. .. 419
( ج ) - تضمين الطور .. .. .. .. .. .. 423
(د) - التضمين بالنبضة الشفرية .. .. .. .. .. .. 424

2- الكشف .. .. .. .. .. .. .. 427
(أ) كشف موجة تضمين السعة .. .. .. .. .. .. 428
( أ - 1 ) الكشف المنتظم ( الخطي ) للانود .. .. .. .. 428
( أ - 2 ) الكشف المنتظم الخطي بواسطة التقويم الكامل .. 430
( أ - 3 ) الكشف بواسطة دائرة الشبكة للصمام الثلاثي .. 433
( أ - 4 ) الكشف غير المنتظم او حسب القانون التربيعي .. 434
(ب) كشف موجه تضمين التردد .. .. .. .. .. .. 436

أسئلة .. .. .. .. .. .. .. 441

الفصل التاسع: عمليتا البث والاستلام اللاسلكي

1- الهوائيات .. .. .. .. .. .. .. 443
1-1- الهوائي ثنائي القطب (Dipole) .. .. .. .. .. .. 444

الصفحة


1-2- هوائي ربع الموجة .. .. .. .. .. .. .. .. 446
1-3- البث الكهرمغناطيسي .. .. .. .. .. .. .. 447
2- المرسلات اللاسلكية او الراديوية .. .. .. .. .. .. 449
3- أجهزة الاستلام والاستقبال .. .. .. .. .. .. 452
3-1 المستقبل البلوري .. .. .. .. .. .. .. 453
3-2- المستقبل المباشر .. .. .. .. .. .. .. 454
3-3- المستقبل السوبر هترودايني (Superhet) .. .. .. .. 457
أ- دائرة الهوائي .. .. .. .. .. .. .. 459
ب- التردد التوافقي للدائرة .. .. .. .. .. .. 461
ج- مرحلة تكبير التردد المتوسط .. .. .. .. .. 462
د- دائرة التضخيم التلقائية .. .. .. .. .. .. 464
هـ- دائرة المستقبل السوبرهترودايني .. .. .. .. .. 465
4- التلفزيون .. .. .. .. .. .. .. 467
4-1- التلفزيون الأبيض والأسود .. .. .. .. .. .. 467
4-1-1- المرسلات التلفزيونية .. .. .. .. .. .. 469
4-1-2- جهاز الاستقبال التلفزيوني .. .. .. .. .. 472
أ- فصل الصوت وتكبيره .. .. .. .. .. .. 472
ب- تكبير اشارة الصورة .. .. .. .. .. .. 474
ج- دوائر المسح والتطابق أو التعشيق .. .. .. .. 474
4-2- التلفزيون الملون .. .. .. .. .. .. .. 476
5- الرادار .. .. .. .. .. .. .. 479
5-1- المقدمة .. .. .. .. .. .. .. 479
5-2- معادلة الرادار .. .. .. .. .. .. .. 480
5-3- العوامل التي تؤثر على اشتغال الرادار .. .. .. .. .. 482
5-4- جهاز البث للرادار .. .. .. .. .. .. .. 483
5-5- هوائي الرادار .. .. .. .. .. .. .. 484
5-6- المزدوج .. .. .. .. .. .. .. 486
5-7- جهاز الاستلام للرادار .. .. .. .. .. .. 487
5-8- المبين لجهاز الاستلام .. .. .. .. .. .. 488

الصفحة


أ- الرادار المتابع التلقائي .. .. .. .. .. .. 489
ب- الرادار ذو الموجة المستمرة .. .. .. .. .. 489
جـ- الرادار البيكوني .. .. .. .. .. .. .. 489
.. .. .. .. .. .. .. .. .. 491


اسئلـــــة

الفصل العاشر: الدوائر التكاملية واجهزة القياس وتبديل الطاقة الالكترونية


1- الدوائر التكاملية (Integrated Circuits) .. .. .. .. .. .. 493
1-1- طريقة صنع الدوائر التكاملية .. .. .. .. .. .. 494
2- دوائر تبديل الطاقة الالكترونية .. .. .. .. .. .. 501
2-1- الخلية الشمسية .. .. .. .. .. .. .. 501
2-2- تكبير الضوء بواسطة الليزر .. .. .. .. .. .. 503
2-3- الصمام الضوئي .. .. .. .. .. .. .. 508
2-3-1- علاقة التيار مع طول الموجة .. .. .. .. .. .. 509
2-3-2- أنواع الصمام الالكتروني الضوئي .. .. .. .. .. 510
2-3-3- دوائر الصمام الضوئي .. .. .. .. .. .. 513
2-4- مضاعفات الاشعاع او الانبعاث الثانوي .. .. .. .. 515
3- اجهزة القياس الالكترونية .. .. .. .. .. .. 516
3-1- مقياس فولطية التيار المستمر باستعمال الترانزستور (FET) 516
3-2- مقياس فولطية التيار المتناوب .. .. .. .. .. .. 517
3-3- مقاييس الفولطية والتيار الصمامية .. .. .. .. .. 520
3-4- مقياس المقاومة او الممانعة .. .. .. .. .. .. 524
3-5- دوائر قياس الحث والسعة .. .. .. .. .. .. 526
3-6- مقياس القدرة الصمامي .. .. .. .. .. .. 527
3-7- مقياس التردد .. .. .. .. .. .. .. 529
3-8- مقياس فحص الصمامات الالكترونية .. .. .. .. .. 530
3-9- قياس الفولطية المكبرة .. .. .. .. .. .. 532
3-10- دوائر التحليل التوافقية .. .. .. .. .. .. 533
3-11- جهاز المرسمة الكاثودي .. .. .. .. .. .. 535
أ- شاشة انبوب الاشعة الكاثودي .. .. .. .. .. 539
ب- الدائرة الاساس للمرسمة الكاثودي .. .. .. .. 540
جـ- دوائر القواعد الزمنية للمرسمة الكاثودي .. .. .. 541
د- مكبرات جهاز المرسمة الكاثودي .. .. .. 542
.. .. .. .. .. .. .. .. 544


اسئلـــــة