EE 201 — Electric Circuits I

الفصل الأول: المفاهيم الأساسية

كلية الهندسة — جامعة طيبة | Fall 2025 (1447 هـ)

فهرس المحتويات

Chapter 1 Basic Concepts الفصل الأول: المفاهيم الأساسية

1. History & Applications لمحة تاريخية والتطبيقات
2. SI Units النظام الدولي للوحدات
3. Charge & Current الشحنة والتيار
4. Voltage الجهد
5. Power & Energy القدرة والطاقة

١) لمحة تاريخية والتطبيقات — History & Applications

السنة	Event — الحدث
1796	Volta invented the electric battery اخترع فولتا البطارية الكهربية
1820s	André-Marie Ampère founded the interaction between electric currents and magnetism أسّس أمبير العلاقة بين التيار الكهربي والمغناطيسية
1884	Thomas Edison invented the lamps اخترع إديسون المصابيح الكهربية

مجالات تطبيق الدوائر الكهربية

Communication systems أنظمة الاتصالات	**نقل الإشارة عبر الهوائيات والكابلات والألياف البصرية**
Computer systems أنظمة الحاسب	**اللوحات الأم والمعالجات والدوائر الرقمية**
Control systems أنظمة التحكم	**التحكم الآلي في الأجهزة والعمليات**
Power systems أنظمة القوى	**التوليد والنقل والتوزيع والمحوّلات**
Signal-processing systems أنظمة معالجة الإشارات	**تحليل الإشارات وتصفيتها ورقمنتها**

نظرية الدوائر — Circuit Theory

An electric circuit is a mathematical model that approximates the behavior of an actual electrical system. (Nilsson)

الدائرة الكهربية هي نموذج رياضي يُقارب سلوك نظام كهربي حقيقي. «كتاب Nilsson»

An electric circuit is an interconnection of electrical elements. (Alexander)

الدائرة الكهربية هي ترابط بين عناصر كهربية. «كتاب Alexander»

الفرضيات الأساسية — Basic Assumptions

• Electrical effects happen instantaneously throughout a system, called a lumped-parameter system.

• التأثيرات الكهربية تحدث لحظياً في كل أنحاء النظام، ويسمى نظام العناصر المُجمّعة (lumped-parameter system).

• The net charge on every component in the system is always zero.

• الشحنة الصافية على كل عنصر في النظام تساوي صفراً دائماً.

• There is no magnetic coupling between the components in a system.

• لا يوجد ازدواج مغناطيسي (magnetic coupling) بين عناصر النظام.

خلاصة:
هذه الفرضيات الثلاث هي ما يسمح باستخدام قوانين الدوائر البسيطة بدل معادلات ماكسويل الكاملة.

2. النظام الدولي للوحدات — SI Units

الوحدات الأساسية — SI Base Units

Quantity الكمية	unit الوحدة	Symbol الرمز
1. Length الطول	meter متر	m
2. Mass الكتلة	kilogram كيلوجرام	kg
3. Time الزمن	second ثانية	s
4. current التيار الكهربائي	ampere أمبير	A
5. Temperature درجة الحرارة	kelvin كلفن	K
6. Charge الشحنة الكهربائية	coulomb كولوم	C
7.. Luminous intensity شدة الإضاءة	Candela كانديلا	cd

الوحدات المشتقة — SI Derived Units

Quantity الكمية	unit الوحدة	Symbol الرمز
1. Frequency التردد	Hertz هرتز	Hz
2. Force القوة	Newton نيوتن	N
3. Pressure الضغط	Pascal باسكال	Pa
4. Energy الطاقة	Joule جول	J
4. Power القدرة	Watt واط	W
5. Electric potential الجهد الكهربي	Volt فولت	V
6. Electric resistance المقاومة	Ohm أوم	Ω
7. Celsius temperature درجة مئوية	Celsius سلسيوس	C

البادئات — SI Prefixes

Prefix	المعامل	الرمز
tera تيرا	10^{12}	T
giga جيجا	10^{9}	G
mega ميجا	10^{6}	M
kilo كيلو	10^{3}	K
milli ملي	10^{-3}	m
micro ميكرو	10^{-6}	μ
nano نانو	10^{-9}	n
pico بيكو	10^{-12}	p

مثال (١): Example 1.1 (Nilsson) — تحويل الوحدات

If a signal can travel in a cable at 80% of the speed of light, what length of cable, in inches, represents 1 ns?

إذا كانت الإشارة تنتقل في كابل بسرعة ٨٠٪ من سرعة الضوء، فما طول الكابل بالبوصة الذي يمثّل ١ نانوثانية؟

3) الشحنة والتيار — Charge & Current

Charge is an electrical property of the atomic particles of which matter consists, measured in coulombs (C).
الشحنة خاصية كهربية للجسيمات الذرية المكوّنة للمادة، وتُقاس بالكولوم (C).

Electric current is the time rate of change of charge, measured in amperes (A).
التيار الكهربي هو المعدل الزمني لتغيّر الشحنة، ويُقاس بالأمبير (A).

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$q = \int_{t_o}^{t} i\,dt$$

التيار مشتقة الشحنة بالنسبة للزمن، والشحنة تكامل التيار.

مثال (٢): Example 1.2 (Alexander) — من الشحنة إلى التيار

The total charge entering a terminal is given by q = 5t sin4πt mC. Calculate the current at t = 0.5 s.

الشحنة الكلية الداخلة لطرفٍ ما معطاة بالعلاقة المذكورة؛ احسب التيار عند نصف ثانية.

لاحظ استخدام قاعدة ضرب الدوال (product rule) لأن الشحنة حاصل ضرب t في دالة مثلثية. كل الزوايا بالراديان، ووحدة mC/s تعطي mA مباشرة.

مثال (٣): Example 1.3 (Alexander) — من التيار إلى الشحنة

Determine the total charge entering a terminal between t = 1 s and t = 2 s if the current passing the terminal is $i = (3t^2 - t)$ A.

أوجد إجمالي الشحنة الداخلة للطرف بين ثانية وثانيتين إذا كان التيار المار بالطرف كما هو مذكور.

الشرح: تكامل محدود بين الحدين: عوّض بالحد الأعلى ثم اطرح الحد الأدنى. الناتج بالكولوم لأن التيار بالأمبير والزمن بالثواني.

التيار المستمر والمتردد — DC versus AC

DC is in one direction, while AC changes directions.
التيار المستمر (DC) يسري في اتجاه واحد ثابت، بينما التيار المتردد (AC) يغيّر اتجاهه دورياً.

وجه المقارنة	DC — تيار مستمر	AC — تيار متردد
الاتجاه	ثابت في اتجاه واحد	يتغيّر بين اتجاهين

وجه المقارنة	DC — تيار مستمر	AC — تيار متردد
الشكل الموجي	خط أفقي ثابت مع الزمن	موجة جيبية (sinusoidal) حول الصفر
أمثلة	البطاريات وأجهزة الإلكترونيات	شبكة الكهرباء وخطوط النقل

4. الجهد — Voltage

Voltage (or potential difference) is the energy required to move a unit charge from a reference point (−) to another point (+), measured in volts (V).

الجهد (أو فرق الجهد) هو الطاقة اللازمة لتحريك وحدة شحنة من نقطة مرجعية (−) إلى نقطة أخرى (+)، ويُقاس بالفولت (V).

Voltage is the energy per unit charge created by the separation.

الجهد هو الطاقة لكل وحدة شحنة الناتجة عن فصل الشحنات.

$$v_{ab} = \frac{d\omega}{dq}$$

- v = voltage in volts (V)
- w = energy in joules (J)
- q = charge in coulombs (C)

مثال (٤): Example 1.4 (Alexander) — حساب هبوط الجهد

An energy source forces a constant current of 2 A for 10 s to flow through a light bulb. If 2.3 kJ is given off in the form of light and heat energy, calculate the voltage drop across the bulb.

مصدر طاقة يدفع تياراً ثابتاً قدره ٢ أمبير لمدة ١٠ ثوانٍ خلال مصباح، فإذا انبعث ٢٫٣ كيلوجول على صورة ضوء وحرارة، احسب هبوط الجهد على المصباح.

اصطلاح الإشارة السالب — Passive Sign Convention

إذا كان الاتجاه المرجعي للتيار في العنصر موافقاً لاتجاه هبوط الجهد المرجعي عليه، نستخدم إشارة موجبة في أي علاقة تربط الجهد بالتيار؛ وإلا نستخدم إشارة سالبة.

$$v_{ab} = -v_{ba} = v_a - v_b$$

الرمز	قيمة موجبة — Positive Value	قيمة سالبة — Negative Value
v	voltage drop from terminal 1 to terminal 2 (or voltage rise from 2 to 1) هبوط جهد من الطرف ١ إلى ٢ (أو ارتفاع جهد من ٢ إلى ١)	voltage rise from terminal 1 to terminal 2 (or voltage drop from 2 to 1) ارتفاع جهد من الطرف ١ إلى ٢ (أو هبوط من ٢ إلى ١)
i	positive charge flowing from terminal 1 to terminal 2 (or negative charge from 2 to 1) شحنة موجبة تسري من الطرف ١ إلى ٢ (أو شحنة سالبة من ٢ إلى ١)	positive charge flowing from terminal 2 to terminal 1 (or negative charge from 1 to 2) شحنة موجبة تسري من الطرف ٢ إلى ١ (أو شحنة سالبة من ١ إلى ٢)

5) القدرة والطاقة — Power & Energy

Power is the time rate of expending or absorbing energy, measured in watts (W).

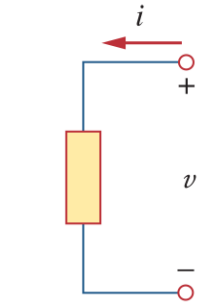
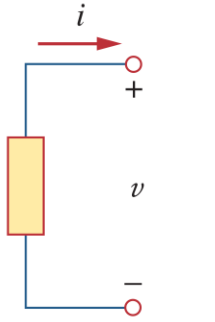
القدرة هي المعدل الزمني لبذل أو امتصاص الطاقة، وتُقاس بالواط (W).

Energy is the capacity to do work, measured in joules (J).

الطاقة هي القدرة على أداء شغل، وتُقاس بالجول (J).

$$p = \frac{d\omega}{dt} \iff \omega = \int_{t_o}^{t} p\,dt$$

$$p = vi$$

التيار داخل من الطرف الموجب	التيار خارج من الطرف الموجب
$P = +vi$ 	$P = -vi$ 

إشارة القدرة

If p > 0, power is being delivered to the circuit inside the box (absorbed).

إذا كانت القدرة موجبة فهي تُسلَّم إلى الدائرة داخل الصندوق أي يمتصها العنصر

If p < 0, power is being extracted from the circuit inside the box (supplied).

، وإذا كانت سالبة فهي تُستخرَج من الدائرة أي يزوّدها العنصر.

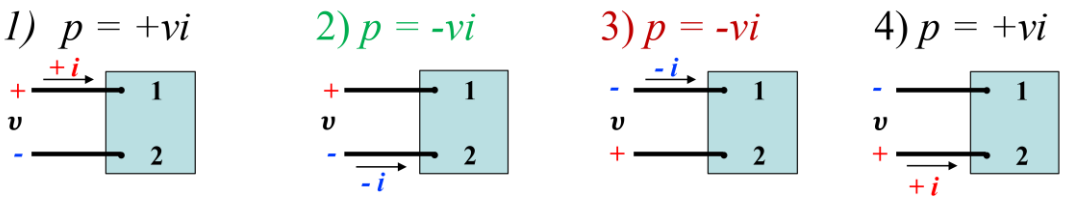
اذا كانت القدرة موجبة (P > 0)	اذا كانت قيمة القدرة سالبة (P < 0)
Power is absorbed العنصر يستهلك طاقة	**Power is supplied** العنصر يعطي طاقة

قانون حفظ الطاقة — The Law of Conservation of Energy

+ Power absorbed = − Power supplied → Σ p = 0

القدرة الممتصّة تساوي القدرة المزوَّدة بإشارة معاكسة؛ أي أن المجموع الجبري لقدرات كل عناصر الدائرة يساوي صفراً.

هذه أهم أداة للتحقق من صحة الحل: اجمع قدرات كل العناصر، فإن لم يكن المجموع صفراً فهناك خطأ في الحساب أو في الإشارات.



الحالة	وضع التيار بالنسبة للطرف الموجب	الصيغة
1	التيار يدخل من الطرف الموجب (+)	`p = + v i`
2	التيار يدخل من الطرف السالب (−)	`p = - v i`
3	التيار يدخل من الطرف السالب (−)	`p = - v i`
4	التيار يدخل من الطرف الموجب (+)	`p = + v i`

خلاصة:
إذا دخل التيار من طرف الجهد الموجب فـ `p = +v i`، وإذا دخل من الطرف السالب فـ `p = -v i`

مثال (٥): تطبيق على إشارة القدرة (الحالتان ٢ و٣)

Case 2: i = 4 A and v = −10 V → p = −vi = −(−10)(4) = 40 W → absorbing 40 W.

الحالة الثانية: التيار ٤ أمبير والجهد سالب ١٠ فولت، فتكون القدرة موجبة ٤٠ واط، أي أن الدائرة داخل الصندوق تمتص ٤٠ واط.

Case 3: i = −4 A and v = 10 V → p = −vi = −(10)(−4) = 40 W → absorbing 40 W.

الحالة الثالثة: التيار سالب ٤ أمبير والجهد ١٠ فولت، والنتيجة نفسها: امتصاص ٤٠ واط. أي نظام مرجعي يعطي النتيجة ذاتها.

مثال (٦): Example 1.5 (Alexander) — القدرة عند لحظة زمنية

Find the power delivered to an element at t = 3 ms if the current entering its positive terminal is i = 5 cos 60πt A and the voltage is: (a) v = 3i, (b) v = 3 di/dt.

أوجد القدرة المسلَّمة للعنصر عند ٣ ملّي ثانية إذا كان التيار الداخل لطرفه الموجب كما هو مذكور، والجهد في الحالتين (أ) و(ب).

الشرح: في (أ) العنصر يمتص قدرة موجبة، وفي (ب) القدرة سالبة أي أن العنصر يزوّد قدرة. تذكّر أن `0.18 pi` راديان تساوي `32.4` درجة، وضبط وضع الآلة الحاسبة ضروري.

مثال (٧): Example 1.6 (Alexander) — حساب الطاقة

How much energy does a 100-W electric bulb consume in two hours?

كم طاقة يستهلك مصباح قدرته ١٠٠ واط خلال ساعتين؟

الشرح: للحصول على الجول لا بد من تحويل الساعات إلى ثوانٍ بالضرب في ٣٦٠٠، أما وحدة الواط-ساعة `Wh` فهي وحدة طاقة عملية تُستخدم في فواتير الكهرباء.

ملخص القوانين

الكمية	الرمز	الوحدة	القانون
الشحنة — Charge	`q`	`C`	`q = INT( i dt )`
التيار — Current	`i`	`A`	`i = dq/dt`
الجهد — Voltage	`v`	`V`	`v = dw/dq`
القدرة — Power	`p`	`W`	`p = dw/dt = v i`
الطاقة — Energy	`w`	`J`	`w = INT( p dt )`
حفظ الطاقة	`Σp`	`W`	`SUM( p ) = 0`