SIGNAL TIMING DESIGN
تصميم الإشارات الضوئية

الدكتور المهندس أكرم رستم
a.rustom@scs-net.org

مزايا الإشارات الضوئية

- تنظيم حركة المرور،
- زيادة السعة،
- التقليل من الحوادث عن طريق تخفيض عدد نقاط التصادم،
- تخفيض الضياعات الزمنية،
- المردود الاقتصادي العالي،

مساوئ استخدام الإشارات الضوئية

- زيادة الضياعات الزمنية خارج أوقات الذروة،
- زيادة عدد حوادث الصدم من الخلف،
- تذمر السائقين من الإشارات غير المدروسة بشكل جيد،

مبررات الاستخدام

- غزارة المرور على الطرق الرئيسية والثانوية،

(600-800 veh/h منها على الأقل 200veh/h على الشارع الثانوي)

- غزارة حركة المشاة،
- حوادث السير،
- ظروف الرؤية السيئة،
- التحكم بالحركة على التقاطعات المجاورة،
- أهمية الطرق المشكلة للتقاطع ،
- ضرورة تنظيم الحركة بشكل يدوي.

أنواع الإشارات الضوئية
TYPE OF TRAFFIC SIGNALS

حسب طريقة التحكم بالحركة:

- pretimed ذات زمن ثابت
- fully actuated مرتبطة كلياً بالحركة
- Semiactuated مرتبطة جزئياً بالحركة

حسب العمل المشترك للإشارات:

- إشارات تعمل بشكل مستقل
- إشارات مرتبطة بجهاز تحكم واحد
- إشارات منسقة على محاور محددة
- إشارات بتحكم مركزي بالحركة.

تصميم برامج الإشارات الضوئية

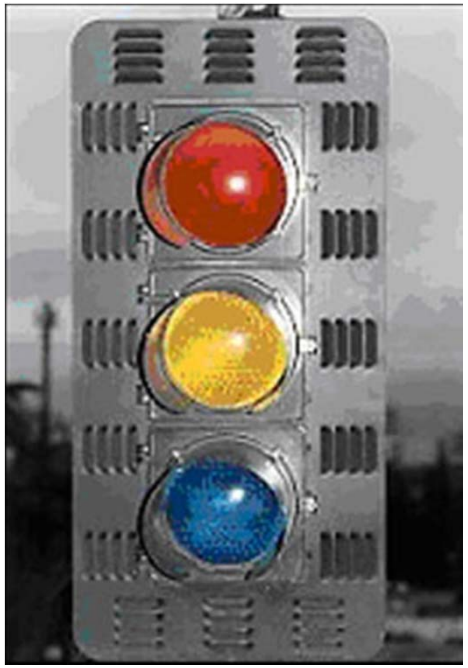
- زمن دورة الإشارة الضوئية،
- زمن التداخل الأخضر،
- الأزمنة الخضراء،
- الطور وهو حالة الحركة التي يكون فيها أحد تيارات المرور (عربات أو مشاة) على الأقل يملك حق العبور.

بعض أشكال الإشارات الخاصة بالعربات والمشاة













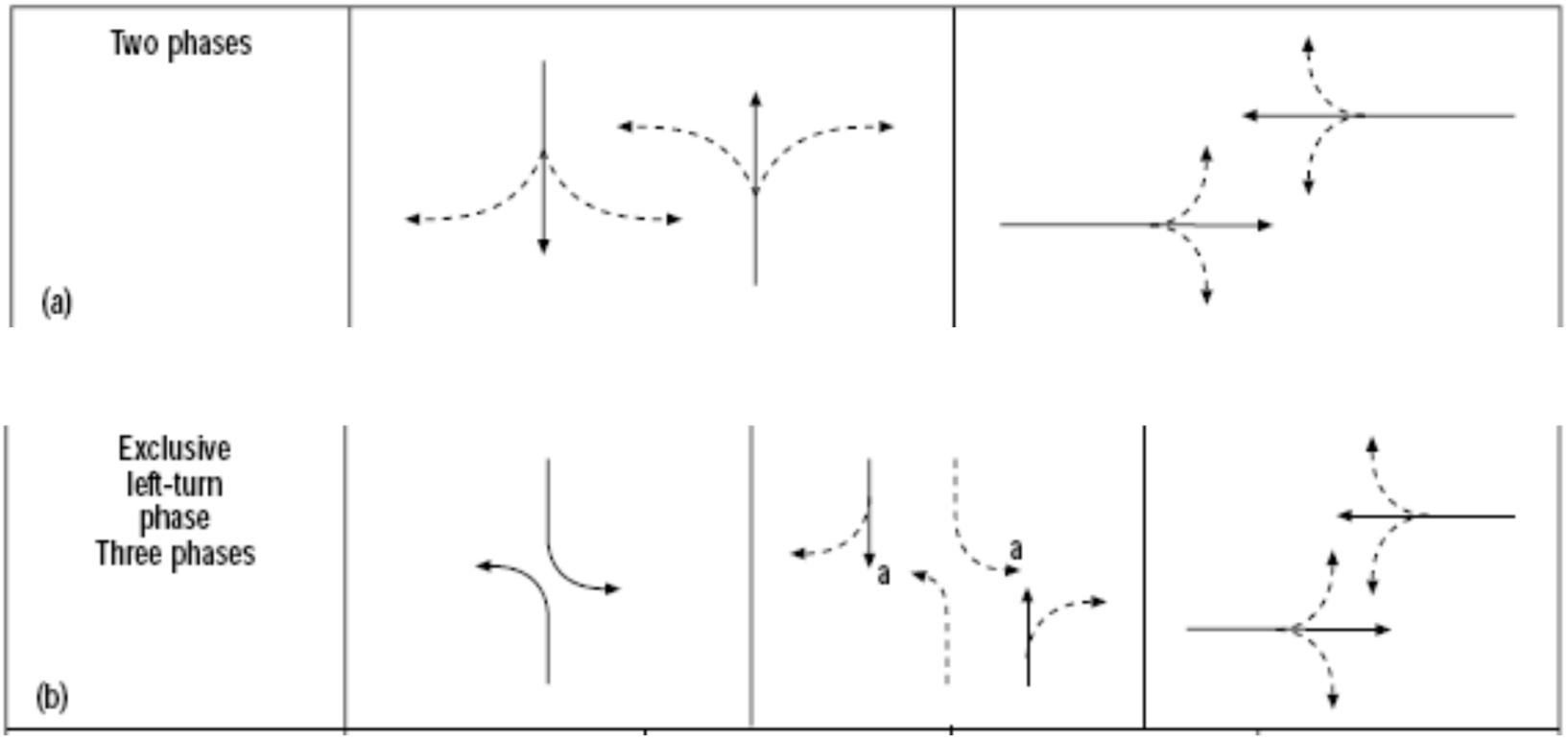
قسم المواصلات والنقل
٢٠٠٧


Eaton Rd
HIGHWAYS
© 2002 Jeffrey J. Kitsko

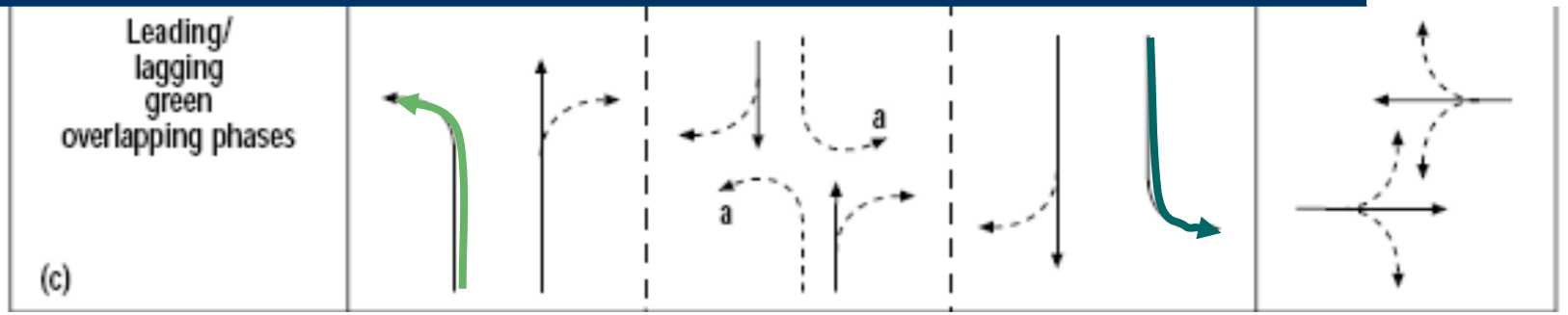
إعداد برنامج الإشارة الضوئية

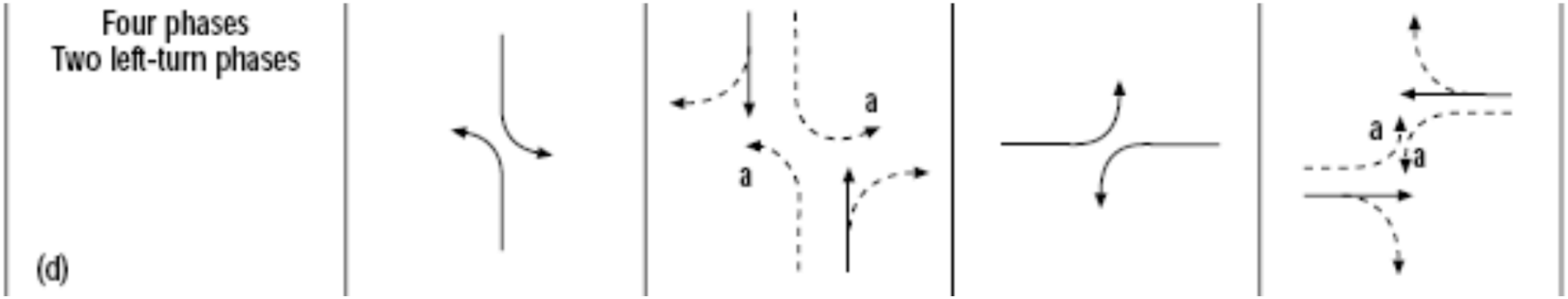
- تجميع المعطيات الأولية اللازمة لتخطيط الإشارة وحساب السعة،
- تحديد مخطط لأطوار الإشارة الضوئية حسب تيارات المرور، (عدد الأطوار، تعاقبها،.....)
- حساب أزمنة التفريغ وأزمنة التداخل ،
- حساب زمن دورة الإشارة الضوئية والأزمنة الخضراء لكل طور من الأطوار.

PHASE PLANS
مخططات الأطوار

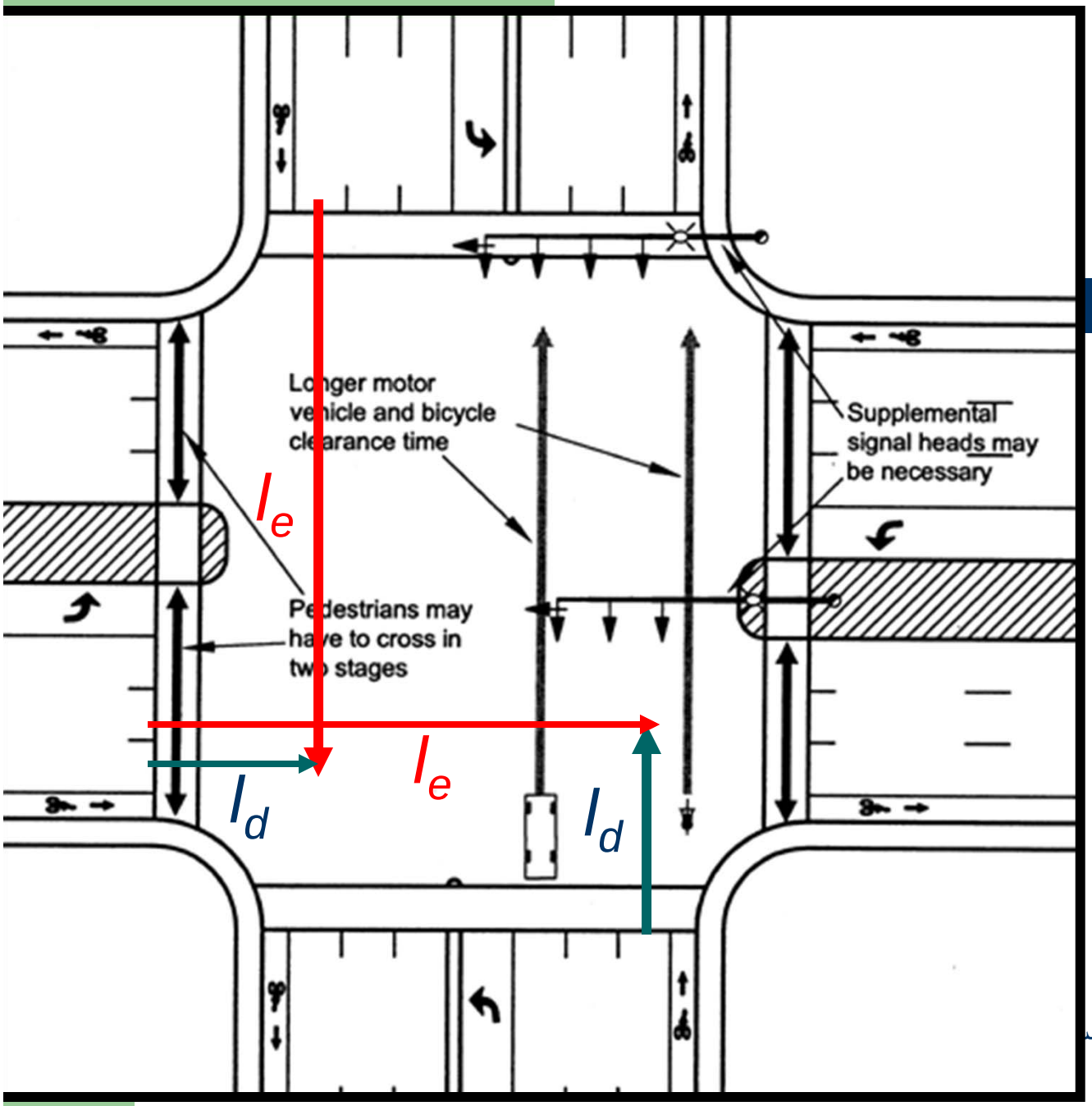


مخططات الأطوار





أزمنة التفريغ



$$t_e = \frac{l_e + l_v}{V_o}$$

$$t_e = \frac{S_e}{Vp}$$

$$t_{dj} = \frac{l_d}{V_o}$$

حساب أزمنة التداخل الأخضر INTERGREEN

$$t_{mij} = A_i + t_{ei} - t_{dj}$$

t_{mij} زمن التداخل بين تيار الحركة i الذي يملك حق المرور (الطور الأول) وتيار الحركة الذي سيكتسب حق المرور (الطور الثاني)

A_i الزمن الأصفر

t_{ei} زمن التفريغ بين الطور الأول والطور الثاني

t_{dj} زمن الوصول بين الطور الثاني والطور الأول

$$t_{dj} = \frac{l_d}{V_o}$$

حساب زمن دورة الإشارة الضوئية والأزمنة الخضراء

$$T_c = \frac{1.5t_s + 5}{1 - Y}$$

T_c : زمن دورة الإشارة الضوئية

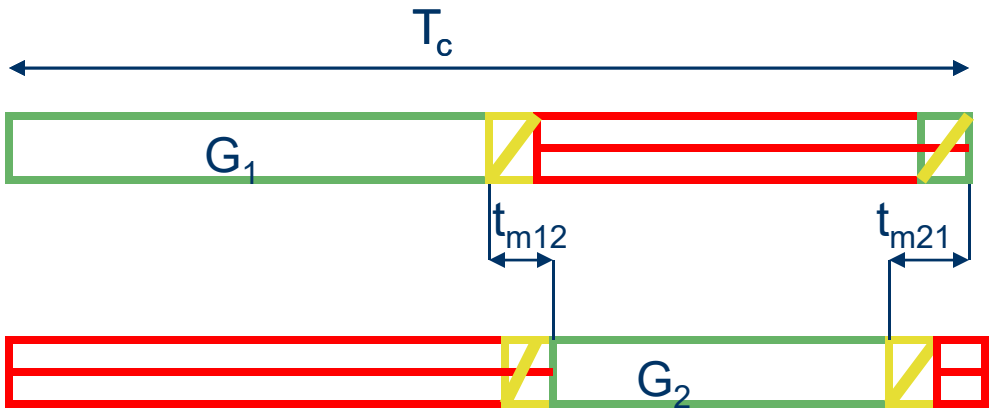
t_s : الضياعات الزمنية خلال دورة الإشارة الضوئية

$$t_s = \sum_j (t_{mj} - 1)$$

G_i :الزمن الأخضر للطور i

$$G_i = \frac{y_i}{Y}(T_c - \sum_j t_{mj})$$

المخطط الزمني لبرنامج الإشارة الضوئية



حساب زمن دورة الإشارة والأزمنة الخضراء(HCM2000)

$$X_i = \frac{v_i C}{s_i g_i}$$

$$X_c = \sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} \left(\frac{C}{C - L}\right)$$

$$C = \frac{L X_c}{\left[X_c - \sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}\right]}$$

$$g_i = \frac{v_i C}{s_i X_i} = \left(\frac{v}{s}\right)_i \left(\frac{C}{X_i}\right)$$

حيث:

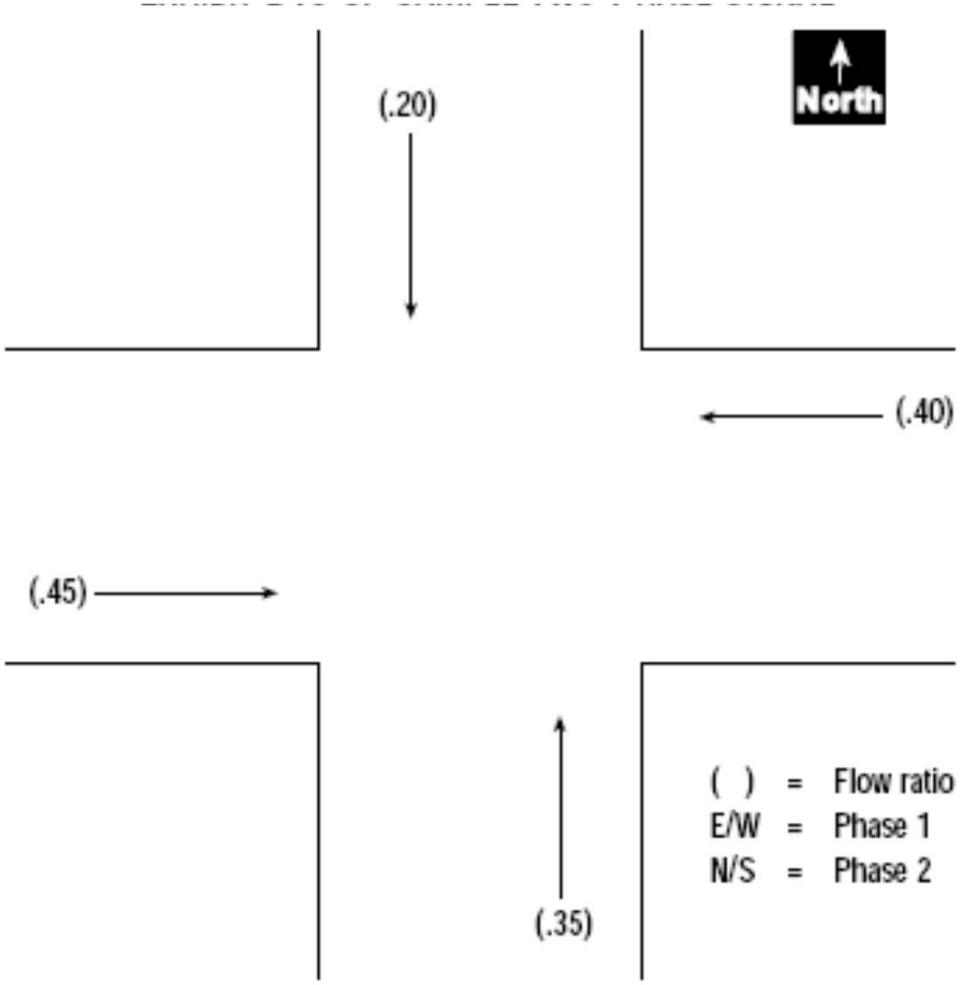
- *C* = cycle length (s); زمن دورة الإشارة الضوئية
- *L* = lost time per cycle (s); الزمن الضائع خلال دورة الإشارة الضوئية
- *Xc* = critical v/c ratio for the intersection; نسبة الغزارة إلى السعة
- *Xi* = v/c ratio for lane group i (note that target v/c ratio is a user-specified نسبة الغزارة إلى السعة لمجموعة الحارات
- input with respect to this procedure; default value suggested is 0.90);
- *(v/s)i* = flow ratio for lane group i; نسبة الغزارة إلى غزارة الإشباع لمجموعة الحارات
- *si* = saturation flow rate for lane group i (veh/h); and
- *gi* = effective green time for lane group i (s).

الحد الأدنى لزمن دورة الإشارة الضوئية

نحصل على الحد الأدنى لزمن دورة الإشارة الضوئية حين تكون قيمة $X_c=1$

$$C\ (minimum) = \frac{LX_c}{\left[X_c - \sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}\right]}$$

مثال إشارة بطورين:



حل المثال:

$$C\ (minimum) = \frac{8(1.0)}{[1.0-(0.45+0.35)]} = \frac{8}{0.2} = 40\ s$$

من أجل زمن دورة إشارة 60 sec يكون:

$$X_c = \frac{\sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_i C}{(C-L)}$$

$$X_c = \frac{(0.45+0.35)(60)}{(60-8)} = 0.923$$

ملاحظة: إذا أردنا قيمة Xi لا تتجاوز 0.8 إن زمن دورة الإشارة يصبح كبيراً جداً

$$g_i = \left(\frac{v}{s}\right)_i * \left(\frac{C}{X_i}\right)$$

$g_1 = 0.45(60/0.923) = 29.3$ s

$g_2 = 0.35(60/0.923) = 22.7$ s

52.0 s

Lost time = 8.0 s

60.0 s

من أجل قيمة Xi للطور الثاني تساوي 1 يكون:

$$g_2 = 0.35(60/1.0) = 21.0\ s$$
$$g_1 = 60 - 8 - 21 = \underline{31.0\ s}$$
$$52.0\ s$$
$$\text{Lost time} = \underline{8.0\ s}$$
$$60.0\ s$$

التنسيق الزمني للإشارات الضوئية
Traffic Signal Coordination

عبارة عن الربط الزمني للأزمنة الخضراء على التقاطعات المتتالية بهدف تخفيف الضياعات الزمنية على المحور (أو الشبكة) وإنقاص عدد التوقفات وتخفيض الضياعات في السعة.

تكون عملية التنسيق أكثر فاعلية من أجل مسافات متقاربة بين التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية (أقل من ١ كم)

وصول العربات بشكل عام يكون بشكل عشوائي ويصبح أكثر انتظاماً مع وجود ممرات مشاة أو تقاطعات منظمة على المحور المدروس أو الشبكة.

أشكال التنسيق
Types of Coordination

- تنسيق خطي
- تنسيق شبكي
- **تنسيق باستخدام تحكم مركزي**

Centrally Controlled Coordination

- تزامن عمل أجهزة التحكم عبر مركز اساسي للتحكم
- كافة الإشارات الضوئية تعمل وفق زمن إشارة ضوئية واحد (أو مضاعفاته)
- يتطلب عملية ربط بين أجهزة التحكم المحلية وجهاز التحكم المركزي

Objectives of Co-ordination

- • Minimize Delay
- • Minimize the number of stops
- • Maximize throughput
- • Increase safety
- • Meet traffic management objectives
- - route assignment or reducing green time for non-preferred routes to make them them unattractive for travelers
- • Meet environmental objectives
- - reduce fuel consumption
- - reduce air pollution
- - lower traffic noise

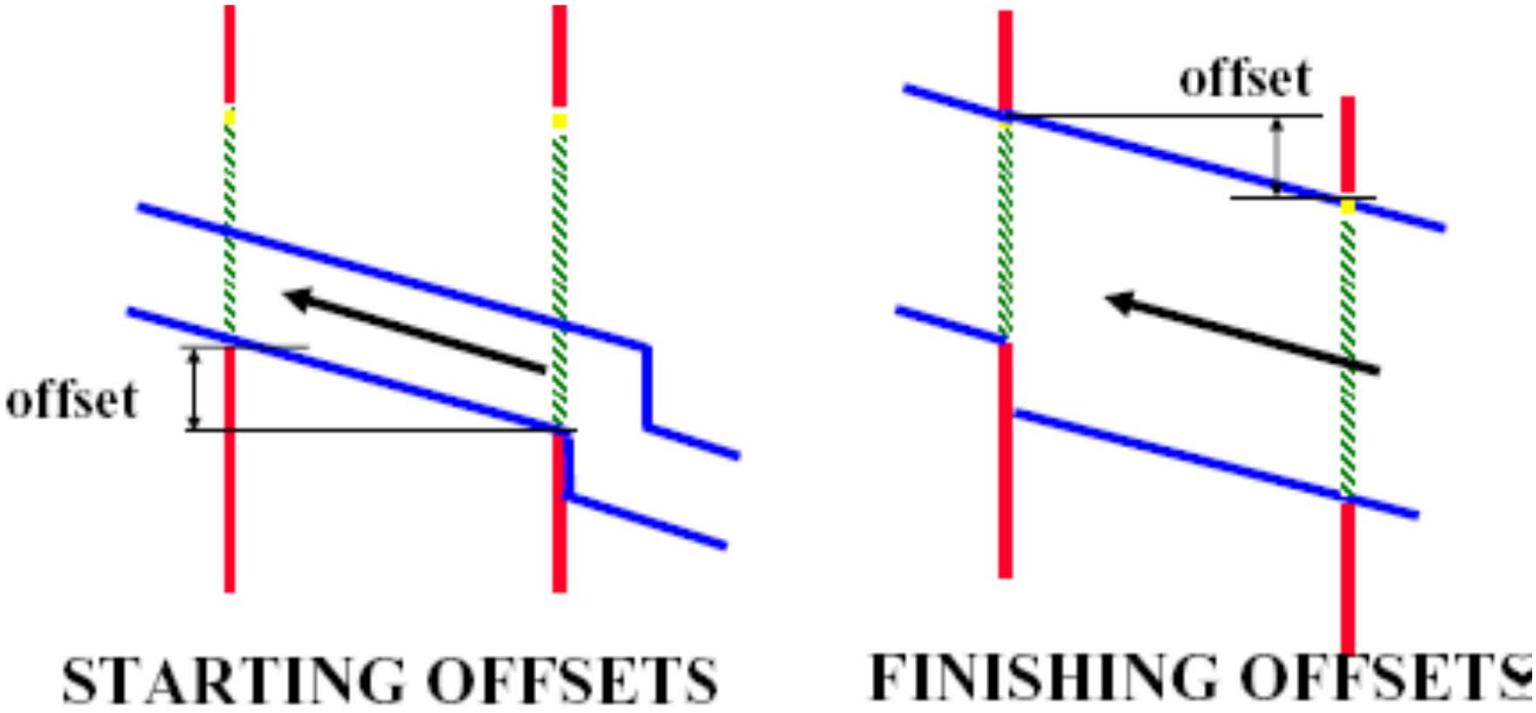
Principles of Coordination

- 1. A common cycle length or sub multiple of it
- - all signals must operate at the same cycle length
- - exception for double cycling
- when a cycle time of half the system cycle length is implemented at some intersections to reduce delay on side roads without unduly affecting main road performance
- 2. The establishment of a time relationship between signals, called an offset determined by distance between signals, progression speed and queues of vehicles waiting at red signals

OFFSETS

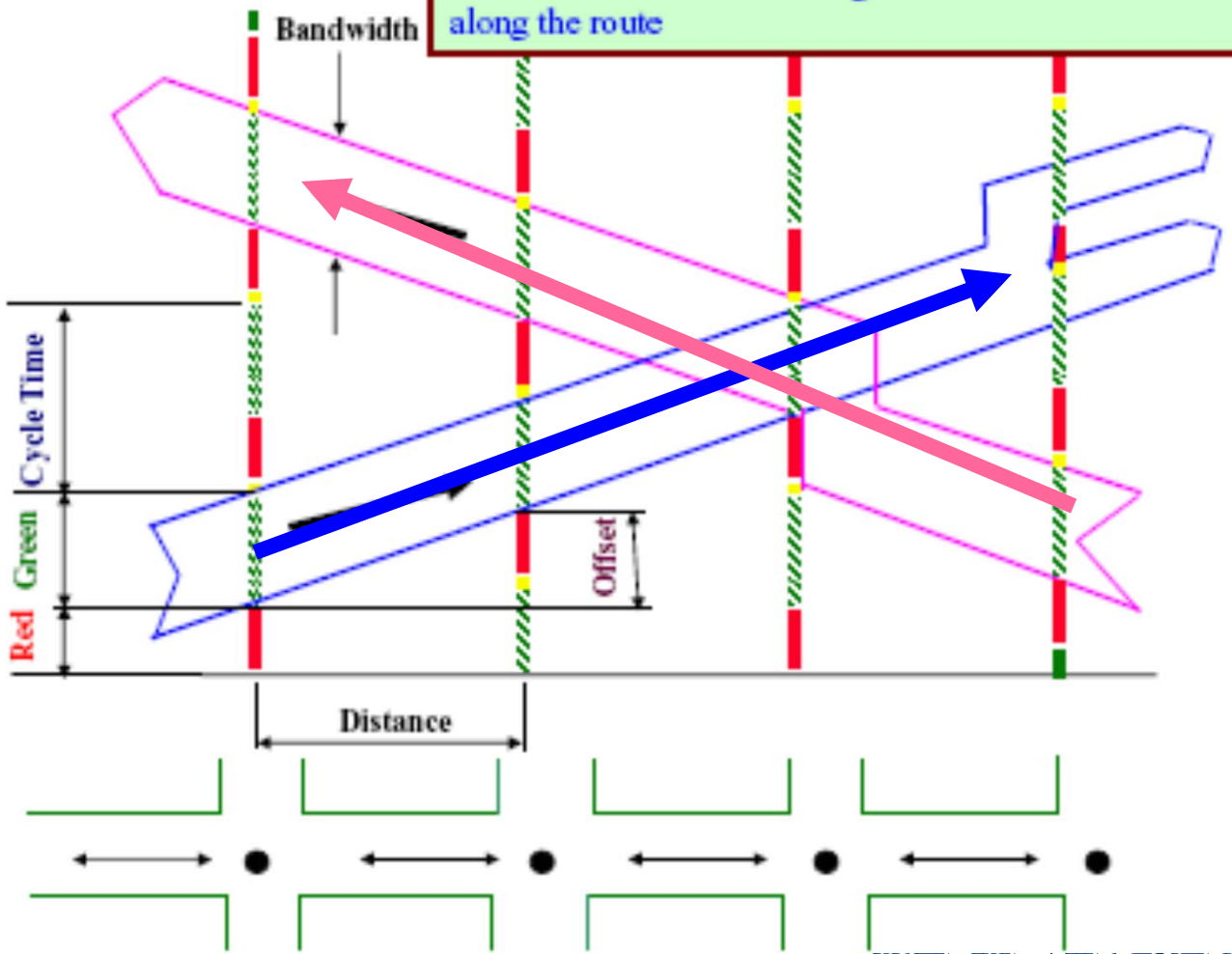
An offset is the time relationship between the starting or finishing times of the green period at successive signals in a coordinated system.

الانزياح الزمني Offset بين بدايات الأزمنة الخضراء



Time distance diagram

Bandwidth is the amount of green time common to all signals along the route



الإشارات الضوئية المرتبطة بحركة العربات

أنواع الكواشف (الحساسات) Vehicle Detection

- الحلقات الحثية Inductive Loop
- حساسات مغناطيسية Magnetic
- رادار بالأمواج الميكروية Microwave Radar
- رادار بالأشعة تحت الحمراء Active infrared
- حساسات بالأمواج فوق الصوتية Ultrasonic
- معالجة صور فيديو Video Image Processor

Fundamentals of signal timing

- Development of phase plan
- Determination of vehicular signal parameters
- Determination of pedestrian signal parameters

Development of phase plan

- Left turn treatment
  1. Permitted –
  2. Protected –

$$v_{LT} \geq 200 \text{ veh/h} \qquad v_{LT} \times (\frac{v_0}{N_0}) \geq 50,000 \text{ veh/h}$$

3. Compound – protected+permitted or permitted+protected

Arrow and ball indication



Arrow = protected

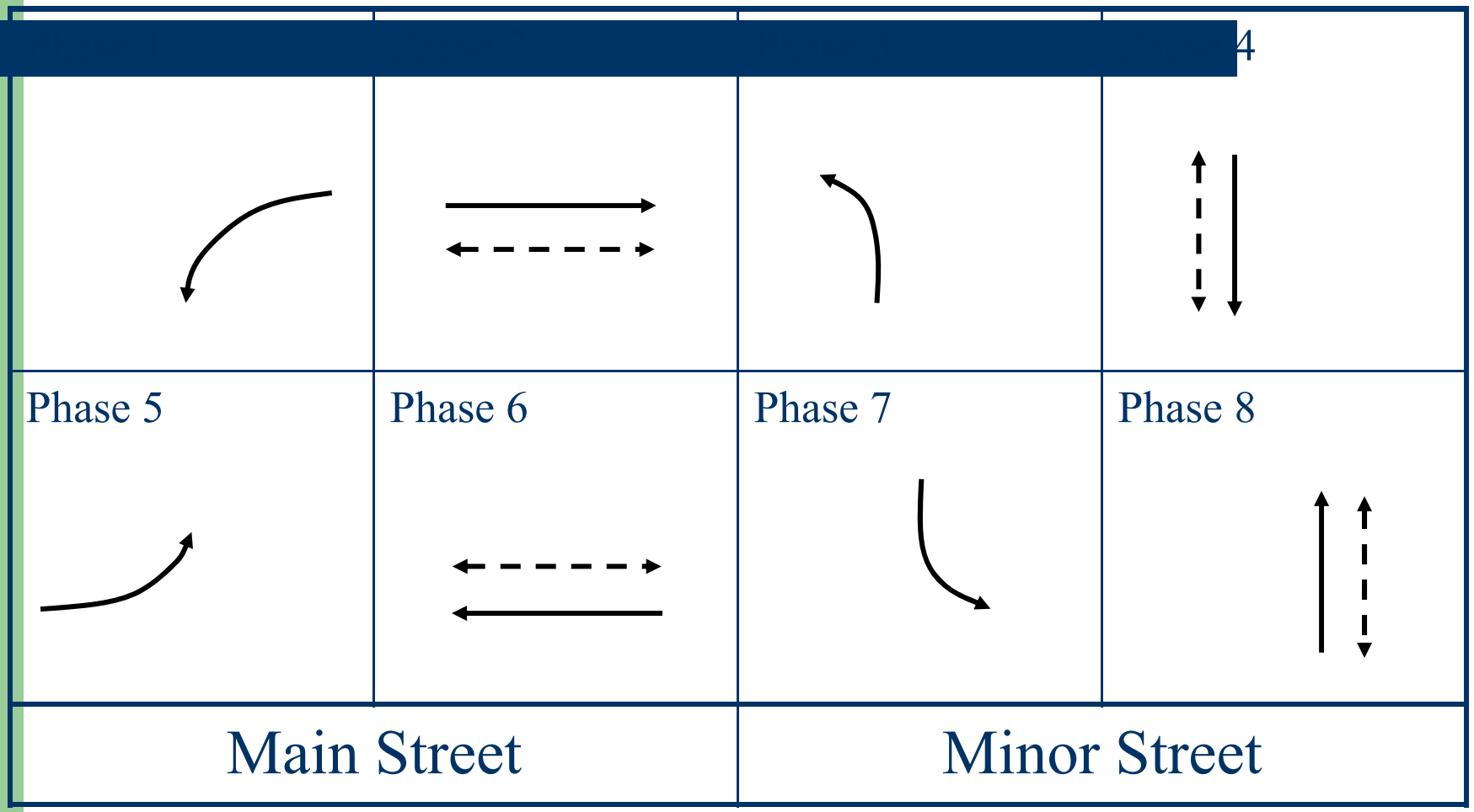


Ball = permissive

Development of phase plan

- Types of controller
  - (1) pretimed
  - (2) semi-actuated
  - (3) fully-actuated
  - (4) fully-adapted

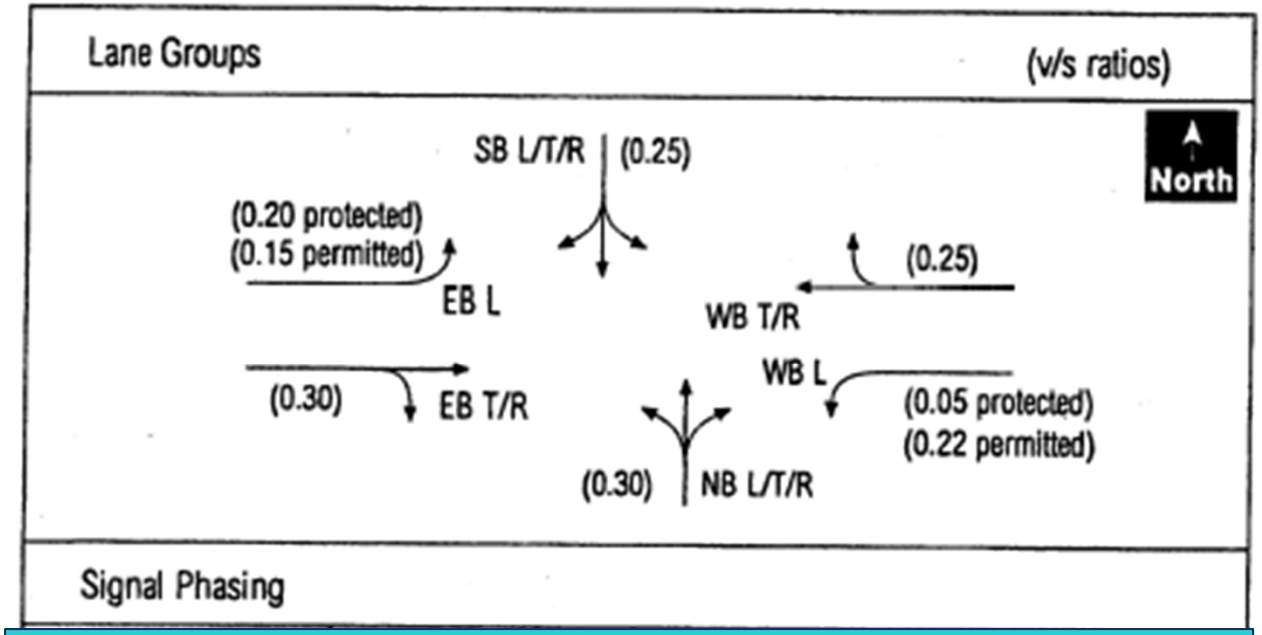
NEMA Standards for Phasing



Development of phase plan

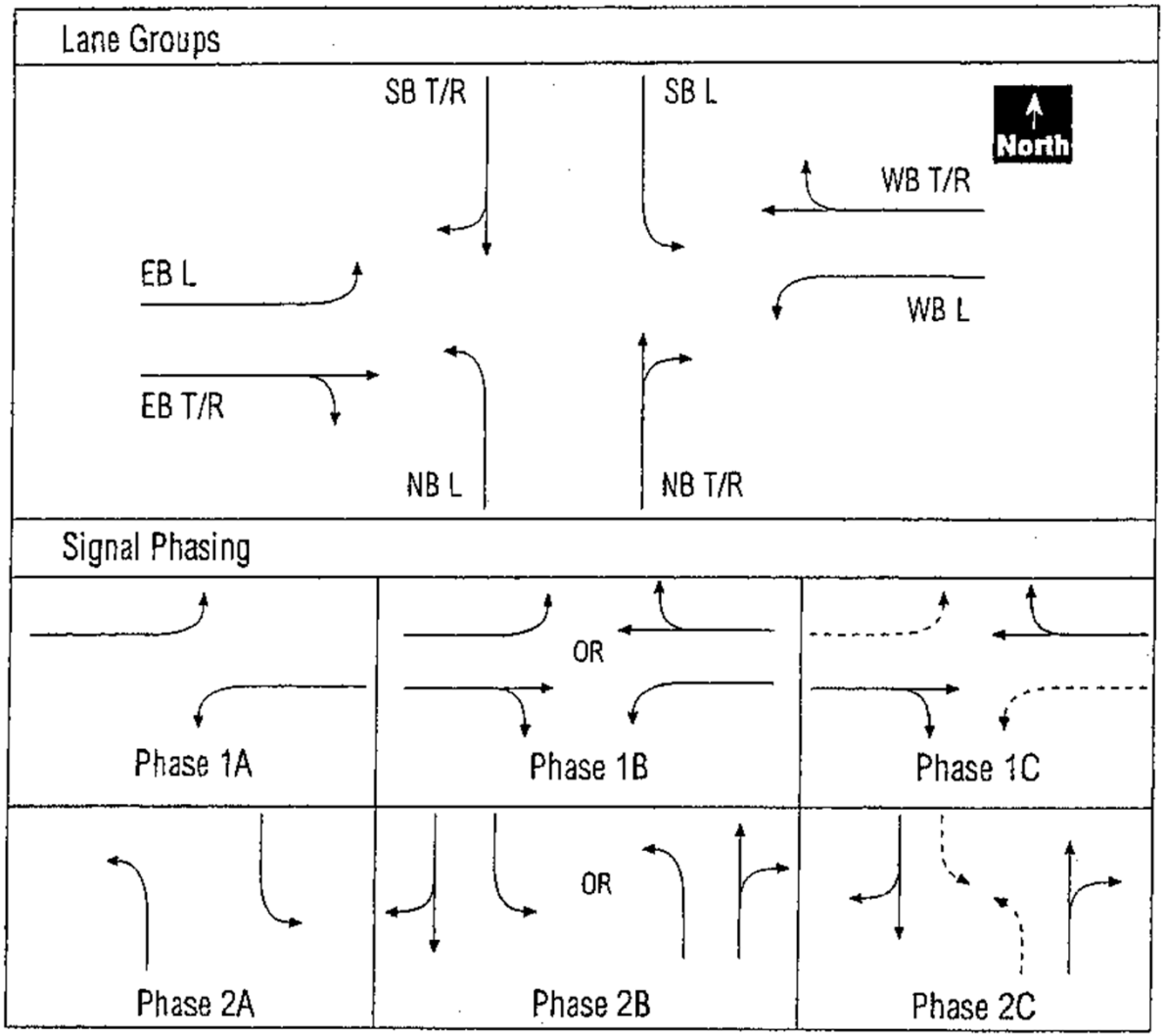
- Phase and ring diagram
  - phase diagram shows all movements being made in a given phase
  - ring diagram shows which movements are controlled by which “ring” on a signal controller
  - solid arrow versus dashed arrow

EXHIBIT 16-9. CRITICAL LANE GROUP DETERMINATION WITH PROTECTED AND PERMITTED LEFT TURNS



Note:
a. Critical v/s.

EXHIBIT 16-10. CRITICAL LANE GROUP DETERMINATION FOR MULTIPHASE SIGNAL



Development of phase plan

- Leading and lagging phase
  - refers to sequence of left turn movement versus through movement
  - used for protected or compound left turn phase
- Splitting phase
  - when both through and left turn traffic are large
- Exclusive pedestrian phase
  - not often applied

Determination of vehicular signal parameters

- Determination of yellow time

$$y = t + \frac{1.47 \times S_{85}}{2a + (64.4 \times 0.01G)}$$

$$y = t + \frac{W + L}{S_{\lim}} + \frac{S_{\lim}}{2a + (64.4 \times 0.01G)}$$

Dilemma zone

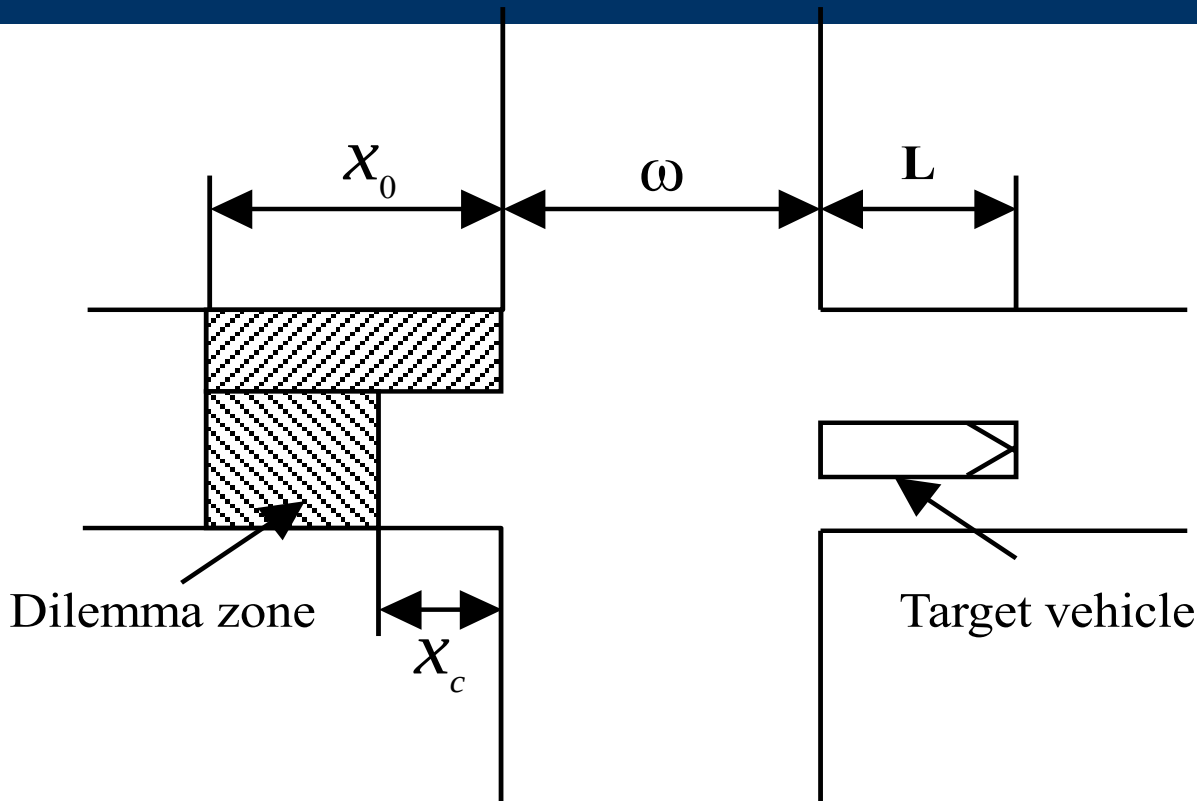


Figure 8.4 Dilemma Zone at Signalized Intersection

- Determination of all-red interval

$$ar = \frac{w + L}{1.47 \times S_{15}}$$

$$ar = \frac{P + L}{1.47 \times S_{15}}$$

$$ar = \max\left[\left(\frac{w + L}{1.47 \times S_{15}}\right), \left(\frac{P}{1.47 \times S_{15}}\right)\right]$$

- Determination of lost times

  based on field study, 2 to 4 seconds are general

- Determination of sum of critical-lane volumes

  convert lane group volume to equivalent through volume

- Minimum acceptable cycle length

$$C_{min} = \frac{N \times t_L}{1 - [\frac{V_c}{3600/h}]}$$

- Desirable cycle length

$$C_{des} = \frac{N \times t_L}{1 - [\frac{V_c}{(3600/h) \times PHF \times (v/c)}]}$$

- Control delay and level of service

$$d = d_1 \times PF + d_2 + d_3$$

Determination of pedestrian signal parameters

$$G_p = 3.2 + \left(\frac{L}{S_p}\right) + \left(2.7 \times \frac{N_{ped}}{W_E}\right)$$

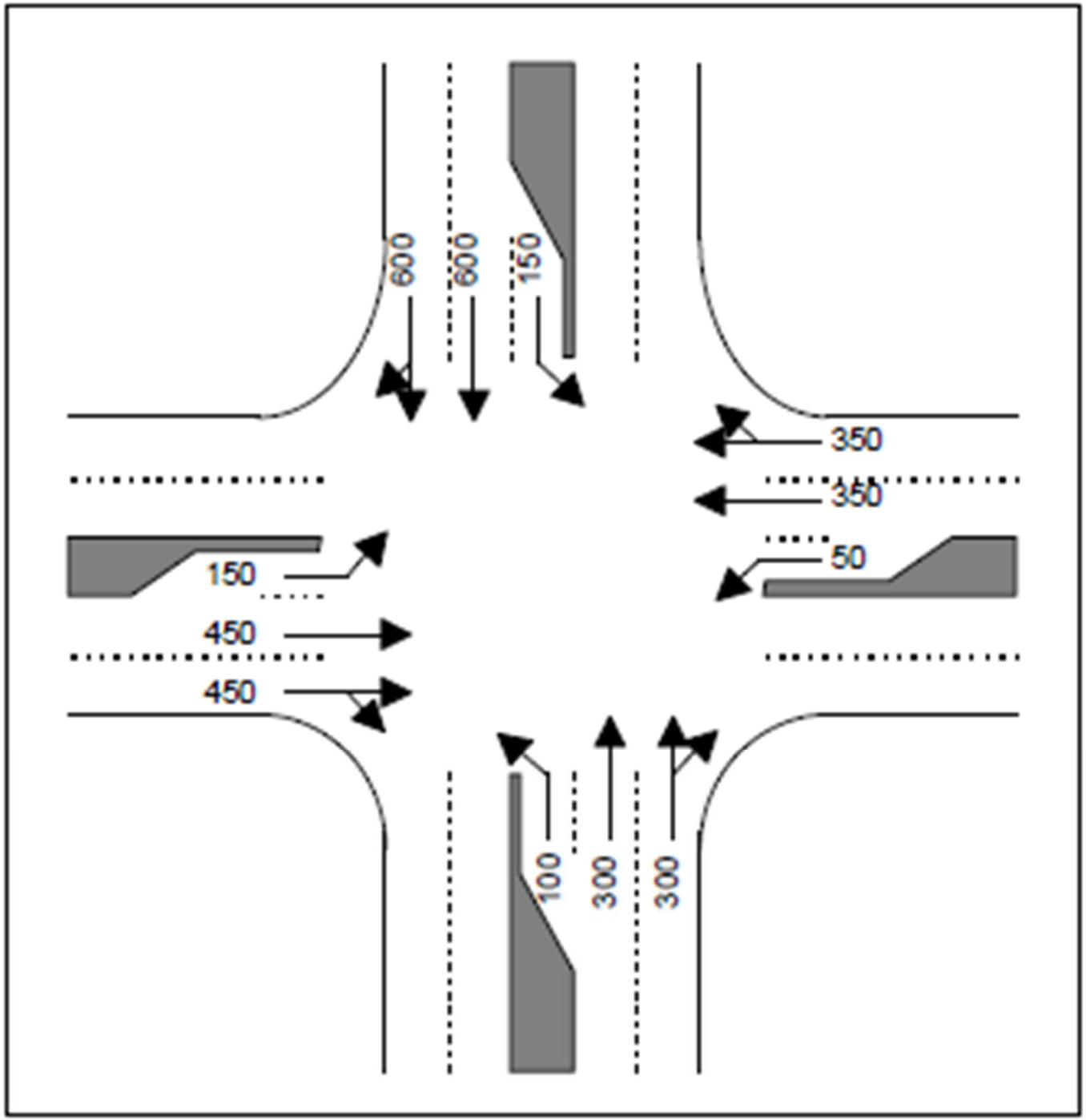
$$G_p = 3.2 + \left(\frac{L}{S_p}\right) + \left(2.7 \times N_{ped}\right)$$

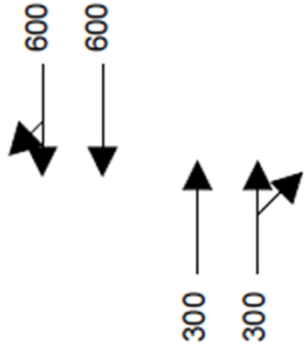
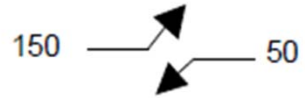
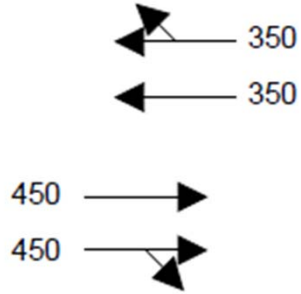
Introduction to signal timing software

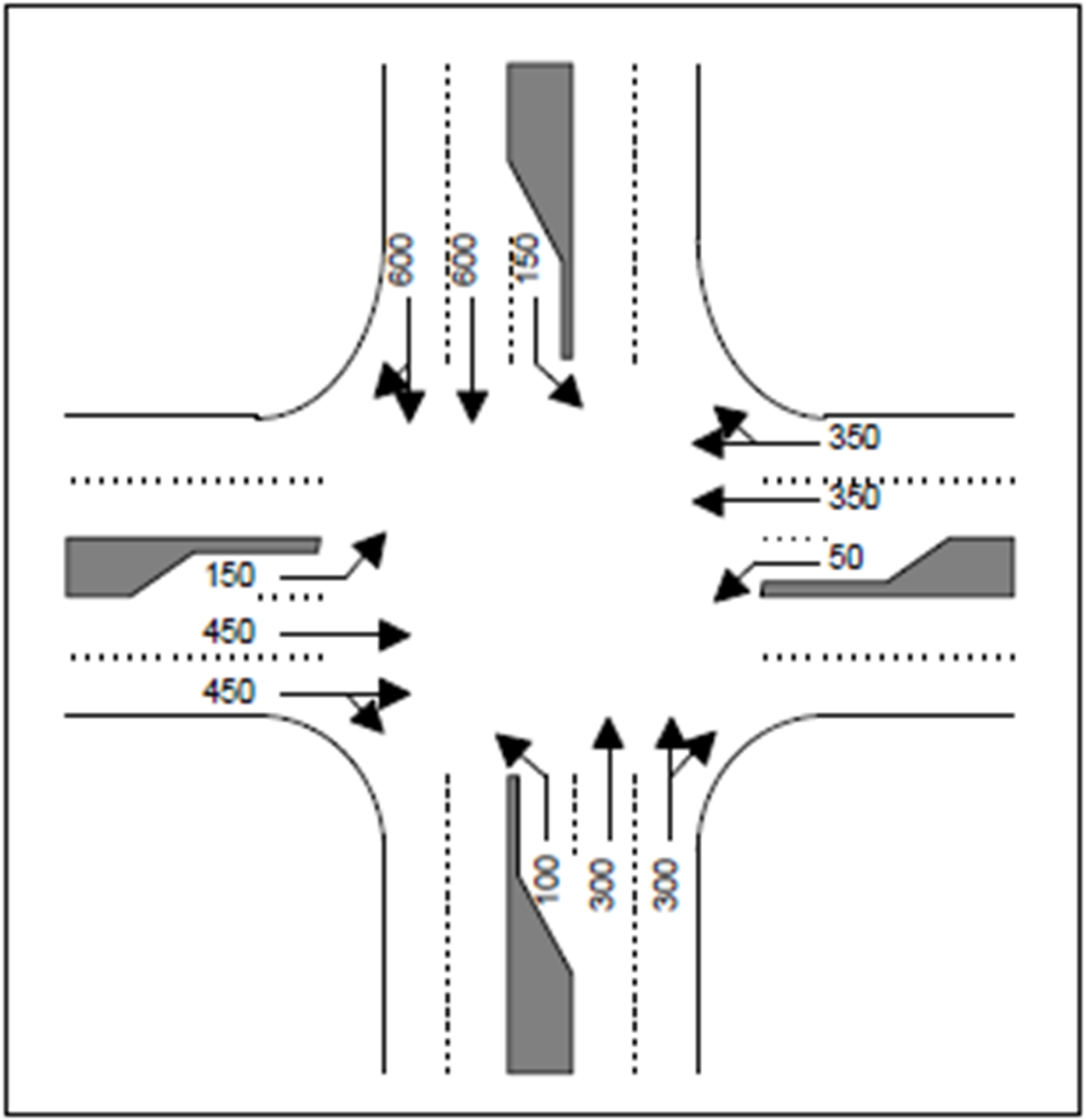
- TRANSYT, HCS2000, SIGNAL2000, PASSER, SYNCHRO, TSIS
- Determined versus stochastic
- Simulation versus field observation

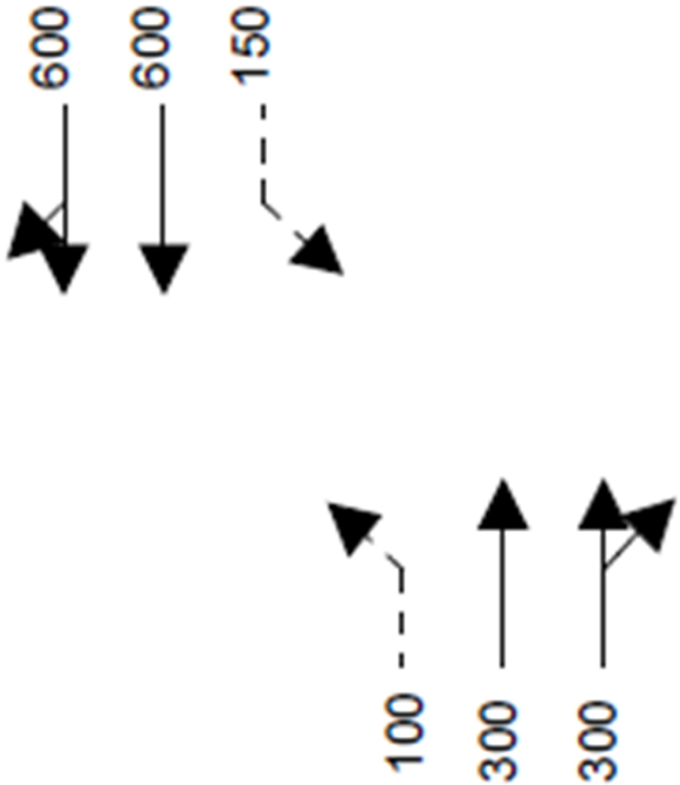
HCS2000

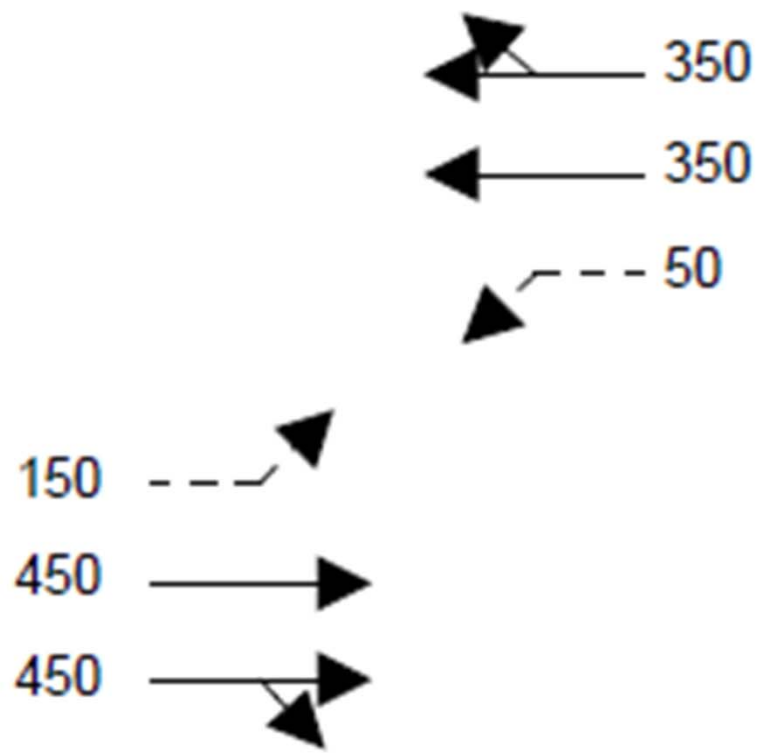
- Capacity analysis for all kinds of roadway facilities
- Determined software
- Easy data entry and calibration
- Demo …


600
600
150
350
350
50
150
450
450
100
300
300

PHASE	MOVEMENTS	CRITICAL LANE VOLUME
1		150
2		600
3		150
4		450
Sum Of Critical Volumes = 1350		


600
600
150
350
350
50
150
450
450
100
300
300

PHASE	MOVEMENTS	CRITICAL LANE VOLUME
1		600 + 100 = <u>700</u> This is greater than 150 + 300 = 450

2		350 + 150 = 500 This is equal to 450 + 50 = 500
Sum Of Critical Volumes = 1200		

SUM OF CRITICAL VOLUME	2 PHASE	5 PHASE	8 PHASE
700	45	60	90
800	60	75	105
900	60	75	105
1000	75	90	105
1100	75	90	105
1200	90	105	120
1300	105	120	135
1400	120	135	150
1500	135	150	165
1600	150	165	180
1700	165	180	180
1800	180	180	180

MINIMUM CYCLE LENGTH

Typical Maximum Cycle Length = 180 seconds

REF: 2009TrafficSignalTimingandCoordinationManual

Development of phase plan

- Left turn treatment
  - 1. Permitted
  - 2. Protected

$$v_{LT} \geq 200 \text{ veh/h} \qquad v_{LT} \times (\frac{v_0}{N_0}) \geq 50,000 \text{ veh/h}$$

  - 3. Compound

    protected+permitted or permitted+protected

Arrow and ball indication



Arrow = protected

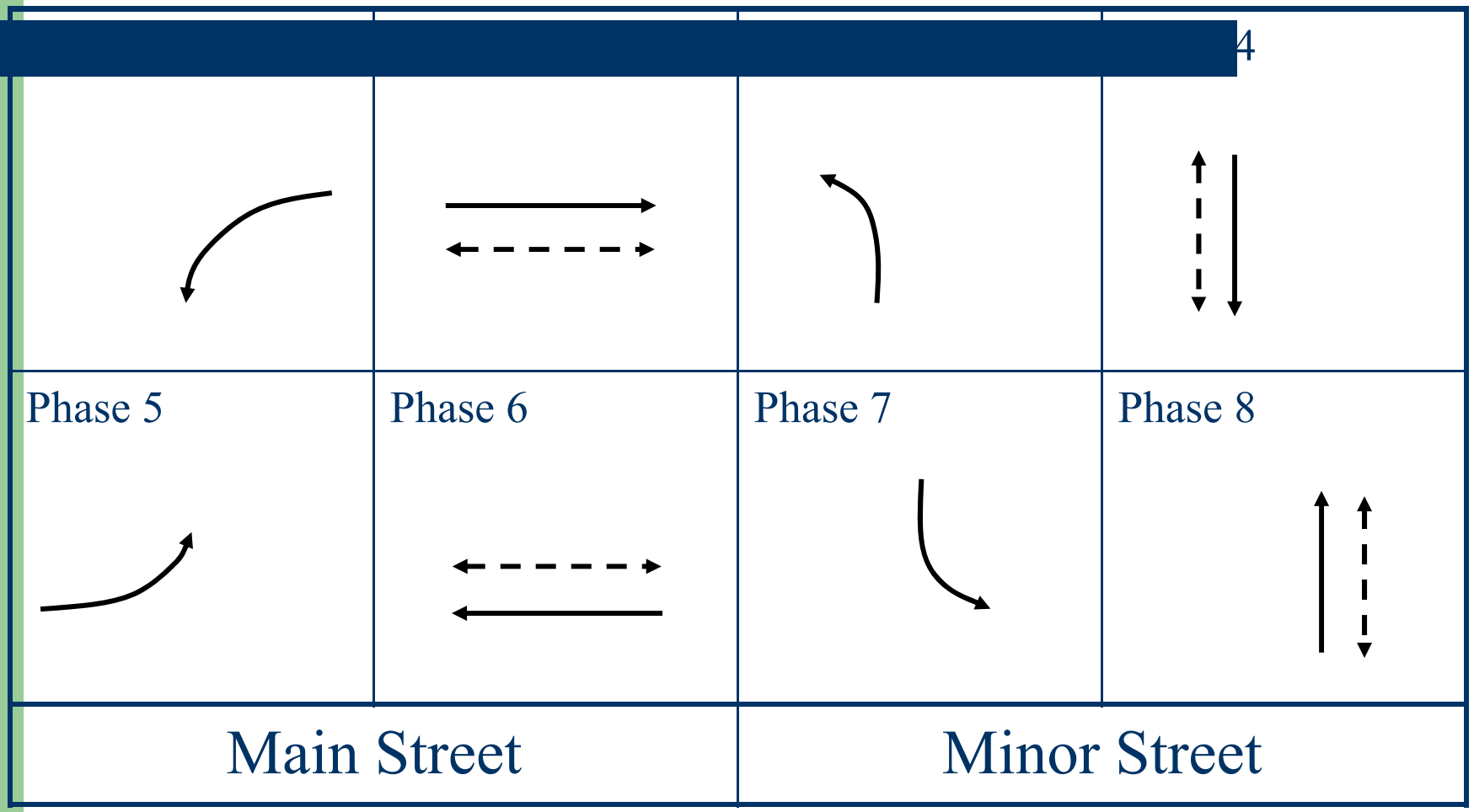


Ball = permissive

Development of phase plan

- Types of controller
  - (1) pretimed
  - (2) semi-actuated
  - (3) fully-actuated
  - (4) fully-adapted

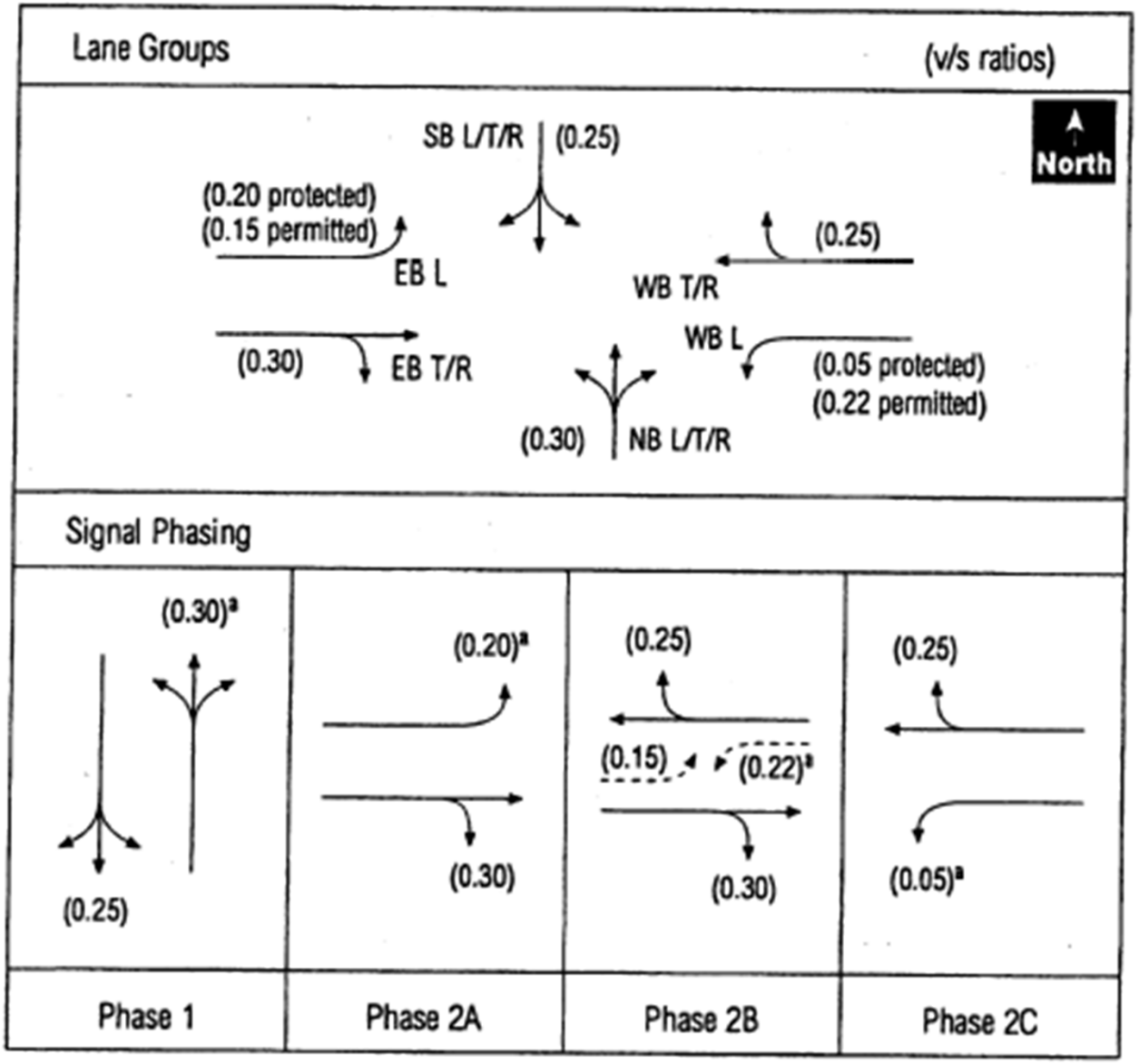
NEMA Standards for Phasing



Development of phase plan

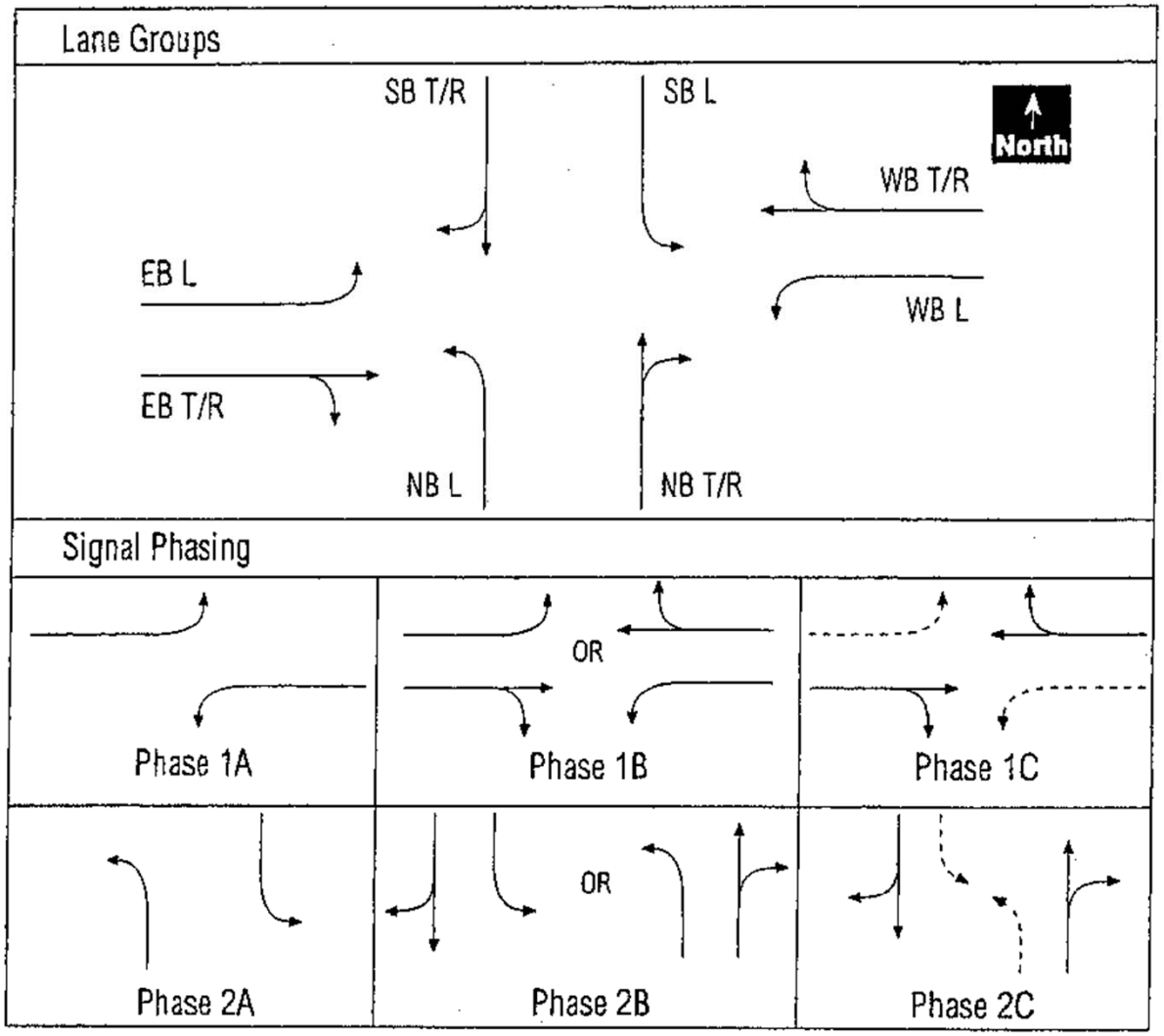
- Phase and ring diagram
  - phase diagram shows all movements being made in a given phase
  - ring diagram shows which movements are controlled by which “ring” on a signal controller
  - solid arrow versus dashed arrow

EXHIBIT 16-9. CRITICAL LANE GROUP DETERMINATION WITH PROTECTED AND PERMITTED LEFT TURNS

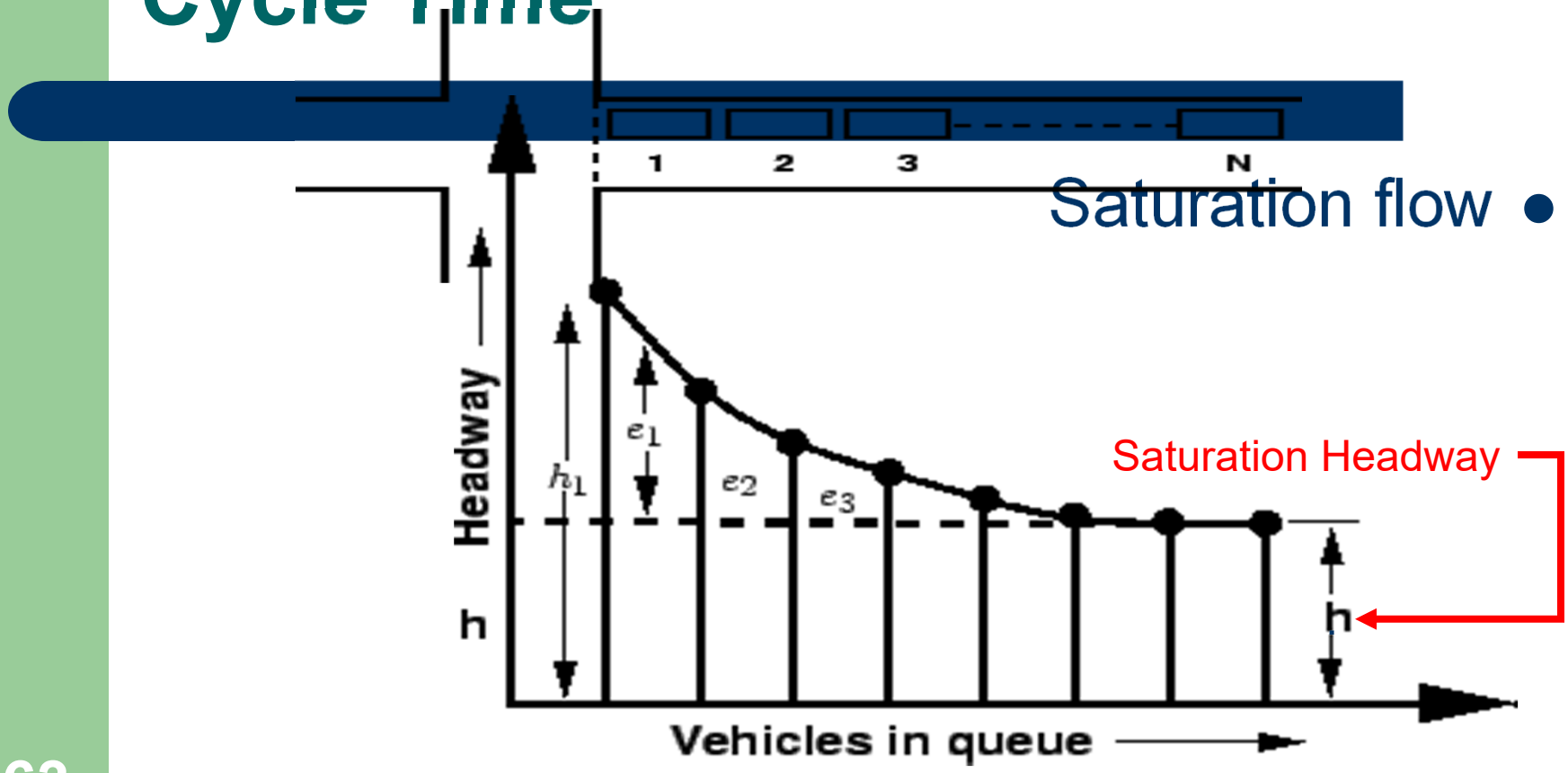


Note:
a. Critical v/s.

EXHIBIT 16-10. CRITICAL LANE GROUP DETERMINATION FOR MULTIPHASE SIGNAL



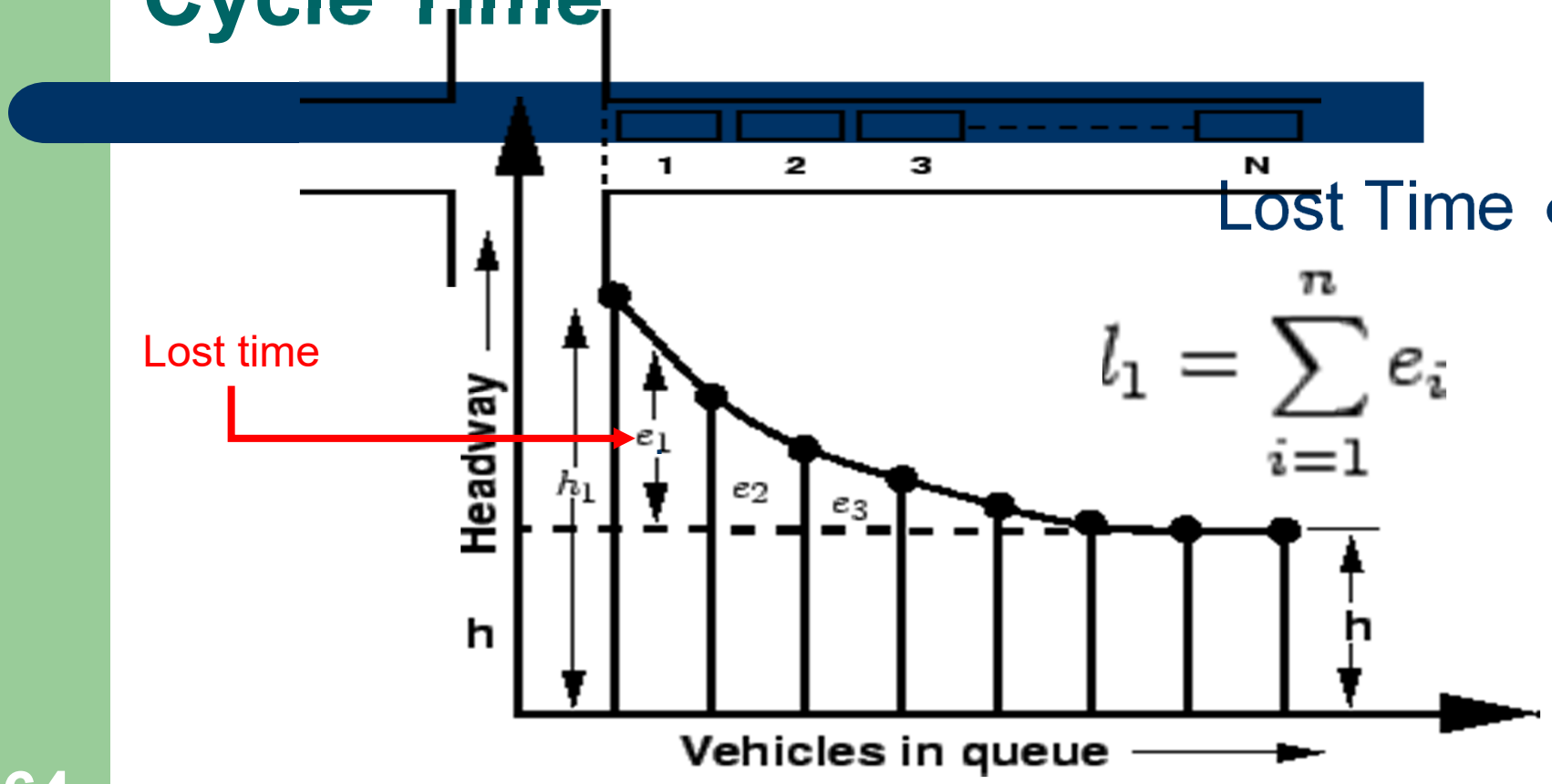
Cycle Time



- Saturation flow

Saturation Headway

Cycle Time

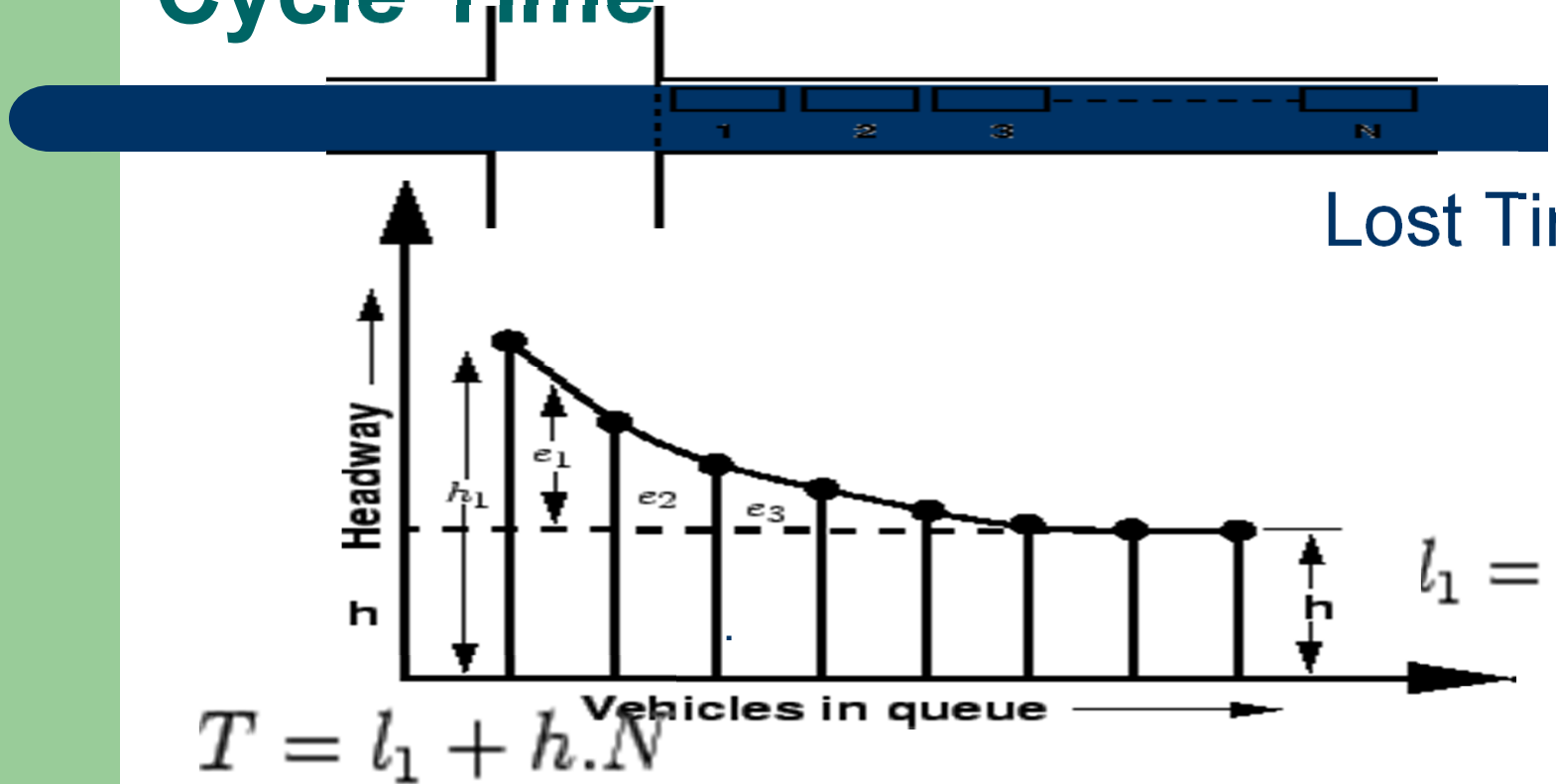


Lost time

- Lost Time

$$l_1 = \sum_{i=1}^{n} e_i$$

Cycle Time



- Lost Time

$$l_1 = \sum_{i=1}^{n} e_i$$

$$T = l_1 + h.N$$

- Green time require to clear N vehicles